

**Sportmedizinisches Leistungsprofil  
jugendlicher und erwachsener  
Hockeyspieler aus den höchsten  
Spielklassen im Vergleich zu anderen  
Ballspielsportarten**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie (Dr. phil.) des  
Fachbereichs 06  
Psychologie und Sportwissenschaft  
der Justus-Liebig-Universität Gießen**

**Vorgelegt von**

**Andreas Böttig**

**aus**

**Gießen**

**Gießen 2009**

**Aus dem  
Lehrstuhl für Sportmedizin  
(Ehemaliger Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki, Em. 4 / 1973 – 3 / 2006)  
am  
Institut für Sportwissenschaft  
Zentrum für Innere Medizin  
der  
Justus-Liebig-Universität Gießen**

<b>Dekan:</b>	<b>Univ.-Prof. Dr. phil. Joachim Stiensmeier-Pelster</b>
<b>Betreuer:</b>	<b>Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki</b>
<b>1. Berichterstatter:</b>	<b>Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki</b>
<b>2. Berichterstatter:</b>	<b>Univ.-Prof. Dr. med. Hans Jochen Medau</b>
<b>Tag der Disputation:</b>	<b>8. Juli 2010</b>

**Diese Arbeit ist meinen Töchtern Shannon  
Maria Böttig und Aileen Marie Böttig  
gewidmet, die hierfür viele Stunden auf  
ihren Papa verzichten mussten.**



# Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Einleitung mit Fragestellung	9
2	Geschichtliche Entwicklung der Sportart Hockey	11
2.1	Zum Problem der Geschichtsforschung	11
2.2	Hockey – Ein Ballspiel	11
2.3	Stockballspiele – Verwandte oder Vorläufer des modernen Hockey	12
2.4	Die Britischen Inseln – Heimat des modernen Hockey	15
2.5	Hockey – Ein Sport für Männer und Frauen	21
2.6	Hockey – Eine olympische Disziplin	23
2.7	Fortschritt durch die Inder	24
2.8	Hockey in Deutschland	25
2.9	Hallenhockey	33
2.10	Internationale Erfolge deutscher Mannschaften	35
3	Hockey – Spielfeld, Regeln und Gerät	39
3.1	Feldhockey	39
3.1.1	Spielfeld	39
3.1.2	Regeln	42
3.1.3	Gerät	46
3.2	Hallenhockey	48
3.2.1	Spielfeld	48
3.2.2	Regeln	51
3.2.3	Gerät	55
4	Einführung in die Spiroergometrie	56

	<b>Seite</b>
<b>5 Methodik</b>	<b>59</b>
5.1 Untersuchungsgut	59
5.2 Untersuchungsbedingungen	69
5.2.1 Leistungsumsatzbedingungen	69
5.2.2 Belastungsverfahren	69
5.3 Messgrößen	81
5.3.1 Gesamtarbeit in Wattminuten und Belastungszeit	81
5.3.2 Herzschlagfrequenz	81
5.3.3 Blutdruck	82
5.3.4 Atemminutenvolumen, Atemzugvolumen und Atemfrequenz	83
5.3.5 Absolute Sauerstoffaufnahme	85
5.3.6 Relative Sauerstoffaufnahme	85
5.3.7 Sauerstoffpuls	86
5.3.8 Atemäquivalent	86
5.3.9 Respiratorischer Quotient	87
5.4 Statistische Auswertung	87
5.5 Kritik der Methodik	89
<b>6 Ergebnisse</b>	<b>95</b>
6.1 Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit Gesamtarbeit in Wattminuten und Belastungszeit	95
6.2 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen	98
6.2.1 Herzschlagfrequenz	98
6.2.2 Blutdruck	104
6.3 Respiratorische Funktionsdiagnostik	109
6.3.1 Atemminutenvolumen	109
6.3.2 Atemzugvolumen	116
6.3.3 Atemfrequenz	121
6.4 Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik	126
6.4.1 Absolute Sauerstoffaufnahme	126
6.4.2 Relative Sauerstoffaufnahme	132
6.4.3 Sauerstoffpuls	138
6.5 Kardiorespiratorische Quotienten	143
6.5.1 Atemäquivalent	143
6.5.2 Respiratorischer Quotient	150

	<b>Seite</b>
<b>7 Diskussion</b>	<b>156</b>
7.1 Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit Gesamtarbeit in Wattminuten und Belastungszeit	156
7.2 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen	160
7.2.1 Herzschlagfrequenz	163
7.2.2 Blutdruck	175
7.3 Respiratorische Funktionsdiagnostik Atemminutenvolumen, Atemzugvolumen und Atemfrequenz	178
7.4 Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik	189
7.4.1 Absolute Sauerstoffaufnahme	192
7.4.2 Relative Sauerstoffaufnahme	197
7.4.3 Sauerstoffpuls	202
7.5 Kardiorespiratorische Quotienten	208
7.5.1 Atemäquivalent	211
7.5.2 Respiratorischer Quotient	216
7.6 Ausblick	219
<b>8 Zusammenfassung</b>	<b>222</b>
<b>9 Literaturverzeichnis</b>	<b>228</b>
<b>10 Anhang</b>	<b>242</b>
10.1 Abkürzungsverzeichnis	242
10.2 Untersuchungsergebnisse der Probandengruppen	244
10.3 Lebenslauf	249
10.4 Danksagung	250
<b>Erklärung</b>	<b>251</b>





# 1 Einleitung mit Fragestellung

Auf die Frage, wer denn besser trainiert sei, ein **Hockey-Nationalspieler** oder ein **Fußball-Bundesligaspieler**, ist die Antwort des **Hockey-Goldmedaillengewinners** von **Peking 2008** Timo Weiß eindeutig. Der Kapitän der deutschen Nationalmannschaft sieht seine Sportart bei diesem Vergleich klar im Vorteil: *„Wir haben aber eine schmale Spitze, vielleicht 30 Spieler, die zu den Topleuten gehören, und daraus werden die 18 herausgefiltert, die zu den großen Turnieren fahren. Natürlich ist ein Hockeyturnier auch etwas ganz anderes als die Fußball-Bundesliga. Die Fußballer spielen alle sieben Tage, wir spielen mindestens alle zwei Tage und müssen deshalb ein ganz anderes Pensum fahren. Wenn man die Werte vergleichen würde, bin ich sicher, dass die Hockey-Nationalspieler fitter sind.“* So äußert sich Timo Weiß in einem Interview mit Peter PENDERS und Arno HECKER (2009) in der *„Frankfurter Allgemeinen“*. Die Betrachtung der körperlichen Fitness deutscher Hockeyspieler aus dem Bundesliga- und Jugendbereich bildet den Schwerpunkt dieser wissenschaftlichen Arbeit.

**Hockey**, ein hochentwickeltes **Kombinationsspiel mit Stock und Ball**, zählt zu den technisch hochwertigsten, rasantesten, aber auch packendsten Sportsportarten und wird sowohl auf dem Feld als auch in der Halle betrieben. Zunächst nur auf Naturrasen ausgetragen, wird Hockey heute meist auf ebenem Kunstrasen bzw. Hallenboden gespielt. Durch diese Entwicklung wurden die Voraussetzungen für ein technisch ausgereiftes Sportspiel geschaffen, so dass Hockey **hohe Anforderungen** an das **technische** und **taktische Können** der Spieler stellt, die zudem ein **großes Maß** an **Athletik** mitbringen müssen. Gerade das schnelle Hockeyspiel in der Halle hat eine besondere Bedeutung für die technische Ausbildung der Spieler. Die **Feldhockeyrunde** im **Sommer** sowie die **Hallenhockeyspiele** im **Winter** führen dazu, dass die Sportler nahezu ganzjährig aktiv sind, da es keine Winterpause gibt. Durch diese umfassende Belastung werden ganz besondere körperliche Anforderungen an die Hockeyspieler gestellt. Doch nicht nur in **Vereinen**, sondern auch an **Schulen** erfreut sich Hockey großer Beliebtheit.

***Im Rahmen meiner Dissertation sollen folgende Fragen beantwortet werden:***

1. *Wie sieht die geschichtliche Entwicklung des Hockeyspiels von den Anfängen bis zum modernen Hockey aus?*
2. *Welche Besonderheiten weist das Regelwerk des Hockeyspiels auf?*
3. *Wie ist die körperliche, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische und kardiopulmonale Leistungsfähigkeit von Bundesliga-Hockeyspielern bei erschöpfender Ausbelastung nach der 1 Watt/kg Körpergewichts-Methode auf dem Laufband sowie durch den in Gießen entwickelten sportartspezifischen Laufbandspiroergometrietest zu beurteilen?*
4. *Ist es gerechtfertigt, den für Fußballer entwickelten sportartspezifischen Laufbandspiroergometrietest bei Hockeyspielern anzuwenden?*
5. *In welchem Bereich befindet sich die körperliche, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische und kardiopulmonale Leistungsfähigkeit jugendlicher Hockeyspieler, die mittels erschöpfender Spiroergometrie nach der Gießener 1 Watt/kg Körpergewichts-Methode auf dem Fahrradergometer ausbelastet wurden?*
6. *Wie wirkt sich das hockeyspezifische Training auf die maximalen kardiorespiratorischen Parameter aus?*
7. *Bestehen leistungsbegrenzende pathologische Veränderungen in Ruhe oder in den maximalen Arbeitsstufen?*
8. *Lassen sich tendenziell Unterschiede in den Untersuchungsergebnissen der einzelnen Belastungsmethoden, im Besonderen zwischen der 1 Watt/kg Körpergewichts-Methode auf dem Laufband und dem sportartspezifischen Laufbandtest registrieren?*
9. *Lässt sich anhand der nach dem 1 Watt/kg Körpergewichts-Verfahren und dem sportartspezifischen Laufbandspiroergometrietest ermittelten maximalen Leistungsdaten eine Prognose für die zu erwartende Wettkampfleistung aufstellen?*
10. *Wie ist das auf dem Laufband ermittelte Leistungsprofil der Limburger Hockeyspieler im Vergleich zu Mannschaften anderer Ballspielsportarten, die nach den gleichen oder ähnlichen Belastungsverfahren auf dem Laufband und Fahrradergometer untersucht wurden, zu beurteilen?*

## 2 Geschichtliche Entwicklung der Sportart Hockey

### 2.1 Zum Problem der Geschichtsforschung

**Hockey** ist eines der **ältesten Sportspiele**. Es zählt zu den Stockballspielen und ist eine **Mannschaftssportart**, die heute sowohl auf dem Feld als auch in der Halle betrieben wird. Hinter Fußball nimmt Hockey heutzutage den zweiten Platz in der Rangfolge der im Freien betriebenen Mannschaftssportarten ein. Bereits im Altertum lassen sich Spielformen mit Stock und Ball nachweisen. Ob diese jedoch direkte Vorläufer des heutigen Hockey sind, muss offen bleiben, da hierfür die eindeutigen Belege fehlen.

Wer einen Rückblick in die Vergangenheit wagt, ist zu einem Großteil auf Vermutungen und Rückschlüsse angewiesen. Es sind meist keine notariell beglaubigten und genau datierten Urkunden, auf die sich der **Geschichtsforscher** stützt, sondern bildhafte Darstellungen und fragmentarische Schriftstücke, die er zu interpretieren versucht. Diese Probleme treten auch bei der Bestimmung der **Vorläufer** des **modernen Hockey** auf. Selbst über die **Gründungsgeschichte** des heutigen Hockeyspiels finden sich in den Quellen, die diesem Geschichtsteil zugrunde liegen, unterschiedliche Angaben, wie im weiteren Verlauf zu lesen sein wird. Dennoch soll versucht werden, die geschichtliche Entwicklung, dem derzeitigen Forschungsstand entsprechend, möglichst detailliert und ausführlich darzustellen; unterschiedliche Darstellungen in den verschiedenen Quell-Werken sollen aufgezeigt, diskutiert und kommentiert werden.

### 2.2 Hockey – Ein Ballspiel

Überall auf der Welt gibt es Ballspiele. Zwar lässt sich bei gewissen Spielen durch charakteristische Regeln die Herkunft feststellen, doch ist ein Ursprungsland der Spiele mit dem Ball nicht nachweisbar. Heute sind für viele Menschen **Ballspiele** der **Inbegriff des Sports**, doch in der **Antike** wurden sie nie zu den eigentlichen Sportarten gerechnet. Dennoch war man sich ihrer körperbildenden Funktion bewusst (BREIN 1978).

Im **alten Griechenland** waren die Ballspiele aufgrund ihres Unterhaltungswertes – wie das Schwimmen – eine beliebte Übung, und in keinem Gymnasium<sup>1</sup> fehlte ein Sphairisterion<sup>2</sup>. Da Ballspiele aber bei keinem offiziellen Sportfest als Agon<sup>3</sup> erschienen, fiel für die Künstler ein wesentlicher Anreiz weg, sie bildlich darzustellen. Dennoch gibt es einige Bilder von Ballspielen, die ihr Vorhandensein belegen und der Forschung wesentliche Hinweise liefern. In erster Linie sind die Wissenschaftler jedoch auf literarische Grundlagen angewiesen, die aber durch ihren fragmentarischen Charakter zu Fehlinterpretationen verleiten können (BREIN 1978). Aus diesem Grund sind Aussagen über die Vorläufer und Entwicklung mancher Sportarten nicht mit absoluter Sicherheit belegbar. Auch die geschichtliche Entwicklung des Ballspiels Hockey lässt sich nicht eindeutig bis zu den Urformen nachvollziehen.

Im **antiken Rom** habe in der Entwicklung des Ballspiels die größte Bedeutung des römischen Sports gelegen, betont DIEM (1960). Nach BACKHAUS (1978) stieß keine andere Art der Leibesübungen so universell in allen Schichten der römischen Gesellschaft nicht nur auf passives Interesse, sondern wurde auch aktiv betrieben und erfuhr eine technische Weiterentwicklung. Von der klassischen Republik bis in die Spätantike hinein lässt sich die Beliebtheit des Ballspiels bei den Römern nachweisen. Doch trotz einiger Gruppenturniere entwickelte sich das Ballspiel nicht zum publikumswirksamen Kampfsport. Das römische Ballspiel war zwar Volkssport, zum Massensport, der auch die Zuschauer begeisterte, wurde es nicht. In erster Linie galt der Zweck des Ballspiels der Entspannung und Unterhaltung und so wurde es oft mit Brettspielen, Würfeln, Bücherlesen und Sonnenbaden auf eine Stufe gestellt. Ungeachtet seiner außerordentlichen Popularität, war es im Vergleich zu den traditionellen Arten römischer Körpererzüchtung nur zweitklassig (BACKHAUS 1978).

## 2.3 Stockballspiele – Verwandte oder Vorläufer des modernen Hockey

Bereits im **Altertum** finden sich **Spielformen** mit **hockeyähnlichem Charakter**. Nach dem bisherigen Forschungsstand, aufgrund der derzeit ältesten urkundlichen Hinweise, gilt **Persien** als das vermeintliche Ursprungsland der Spiele mit Stock und Ball. Es ist jedoch nicht

---

<sup>1</sup> Gymnasium wird von dem griechischen Wort *gymnos* (nackt) hergeleitet. Bei den alten Griechen war das Gymnasium der Ort der Körpererziehung, wo nackt geturnt wurde. Es handelte sich um einen geräumigen Hof, der von Säulenhallen, Übungshallen und Bädern umgeben war. Erst später erhielt er seine Bedeutung als Schule im heutigen Sinn (IRMSCHER 1986).

<sup>2</sup> Ballspielraum

<sup>3</sup> Wettkämpfe im alten Griechenland wurden als Agon bezeichnet. Im engeren Sinne sind die mit periodisch wiederkehrenden Götterfesten verbundenen Wettkämpfe, wie beispielsweise die Olympischen Spiele, darunter zu verstehen.

bekannt, wie diese Spiele abliefen. Als älteste und gleichzeitig populärste Variante gilt das Spielen mit gekrümmten Stöcken und Bällen unterschiedlichster Art. Doch nicht nur in Persien, sondern im gesamten asiatischen Raum existierten Stockballspiele mit den unterschiedlichsten Namen (BUDINGER 1969, BUDINGER u. Mitarb. 1980). SCHLADITZ u. Mitarb. (1979) sehen im **Hockey** die älteste heute noch **olympisch betriebene Sportart** mit einer über Jahrtausende währenden Tradition.

Bei **Naturvölkern** war das **Spiel mit Stock und Ball zu Pferd** sehr beliebt. Besonders Reiterstämme, die bei ihren kriegerischen Wettkämpfen in mutigen und geschickten Handlungen wichtige Eigenschaften sahen, fanden das Spielen mit Ball und Stock sehr reizvoll. Hieraus entstand in Tibet das **Polospiel**, das auch heute noch in vielen Ländern gespielt wird und oft auch als „**Hockey zu Pferd**“ bezeichnet wird (BUDINGER 1969, BUDINGER u. Mitarb. 1980).

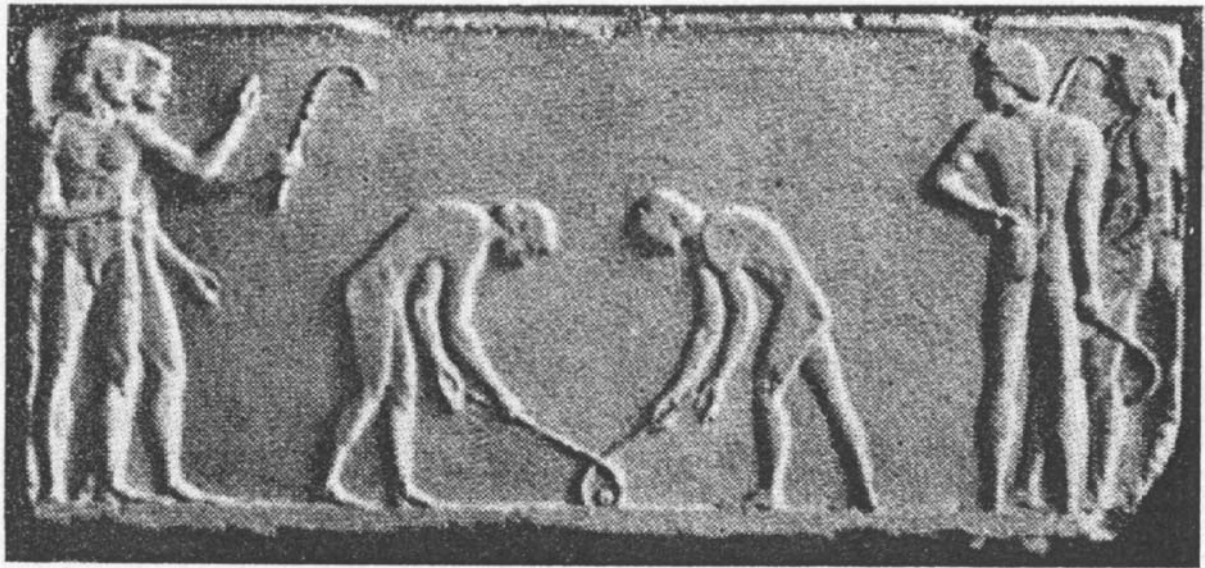
Bereits 3000 Jahre vor der heutigen Zeitrechnung gab es bei den damals hochentwickelten **asiatischen Kulturvölkern China, Indien und Persien** Stockballspiele. So existierte 2697 vor Christus in China ein Kampfspiel der Soldaten mit Schlägern und Bällen, das **Tsuhküh** genannt wurde (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979). Ein Relief aus dem Niltal, das zwei um den Ball kämpfende Hockeyspieler zeigt wird als Beleg dafür angesehen, dass 2000 Jahre v. Chr. in **Ägypten** ein hockeyähnliches Spiel betrieben wurde (WEIN 1977a). Als weiterer Nachweis gilt eine Darstellung am Tempel von Deir el Bahari in Mittelägypten, auf der ein dem Hockey gleichendes Spiel abgebildet ist. Das Bild zeigt den König Thutmosis III. (um 1500 v. Chr.) in überlebensgroßer Gestalt vor der Göttin Hathor. Eine Inschrift besagt, dass die Feinde durch sie besiegt wurden und demnach ihr zu Ehren diese Zeremonie stattfindet. In der linken Hand hält der König einen gewellten Stock und in der Rechten einen Ball. Weiterhin sind zwei Ministranten zu sehen, die ihm mit erhobenen Händen Bälle reichen (UEBERHORST 1972). Doch wie bereits erwähnt sind die Vorläufer des heutigen Hockey wahrscheinlich in Persien zu finden. Erste geschichtliche Überlieferungen finden sich um 550-500 v. Chr. in zahlreichen Heldensagen aus dem einstigen Persischen Weltreich (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979).

Nicht nur in den asiatischen Ländern, sondern auch bei den Griechen, Römern, Kelten und den Indianern Nord-<sup>4</sup> und Südamerikas existieren Aufzeichnungen über hockeyähnliche Spiele, die die verschiedensten Namen tragen (BUDINGER u. Mitarb. 1980). Es finden sich Bezeichnungen wie **Caman, Hurling, Lacrosse, Koki, Mail, Hocquet, Shinney, Bandy, Giccho, Dakiu, Tephu, Kathi und Chendu**. Der Sinn dieser Spiele lag meist darin, einen kleinen Ball mit Schlägern oder Stöcken durch ein Tor zu treiben (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979). Aus einer Vielzahl von Varianten entstanden schließlich einige Spielformen, die man als Vorläufer des modernen Hockey ansehen kann.

---

<sup>4</sup> Bei den nordamerikanischen *Sioux*-Indianern gibt es ein dem Hockey sehr ähnliches Ballspiel, in dem ein Frauenteam gegen eine Männermannschaft antritt (KAMPHAUSEN 1972).

In Griechenland existierte ein hockeyähnliches Spiel unter dem Namen **Keretizontes** (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979), in BREIN (1978) wird die Bezeichnung **Keratizontes** (Ballspieler) genannt. In **Athen** ist im **Sphäristerion** am Dipylon<sup>5</sup> der Akropolis ein 28 Zentimeter hohes aus den Jahren 514-449 v. Chr. stammendes in Marmor gemeißeltes Relief (Abb. 1) erhalten, das zwei Spieler zeigt, die ein Hockeybully<sup>6</sup> auszuführen scheinen, während andere mit ihren Stöcken daneben stehen. Dieser wohl bekannteste „Kronzeuge“ des Hockeyspiels wurde 1922 bei Ausgrabungen entdeckt (WEIN 1977a, BREIN 1978, SCHLADITZ u. Mitarb. 1979).



**Abb. 1:**

*Darstellung eines hockeyähnlichen Spiels, die bei Ausgrabungen in Griechenland gefunden wurde (HIRN 1928).*

Auch in der **gotischen Kathedrale** von **Barcelona** findet sich ein Relief aus dem 14. Jahrhundert, auf dem vier Spieler mit gekrümmten Stäben, ähnlich wie beim modernen Hockey, einen Ball vor sich her treiben (PIERNAVIEJA DEL POZO 1976). Im **Mittelalter** gab es in **Frankreich** ein hockeyähnliches Spiel, das Städter und Bauern, mit Vorliebe im Winter, bestritten. Hierbei wurde mit einem Krummstab (la crosse) ein Ball geschlagen (BURGENER 1976).

Mit der Entwicklung des gesellschaftlichen Lebens zu immer stärker gegliederten Ordnungen bildeten sich aus der **Variantenvielfalt** bestimmte, festgefügte Formen, die man als **Vorläufer** des **modernen Hockey** bezeichnen kann (BUDINGER 1969).

---

<sup>5</sup> Doppeltor

<sup>6</sup> Siehe zum Thema Bully Kapitel 3.1.2.

## 2.4 Die Britischen Inseln – Heimat des modernen Hockey

Während ihrer weitreichenden Eroberungen brachten vermutlich die **Römer** die **Stockballspiele** auf die **britischen Inseln**. In **England** und **Irland**<sup>7</sup> bildeten sich dann in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Grundformen des modernen Hockey. So entwickelte sich aus einem vorwiegend regellosen Treibballspiel im Laufe der Zeit ein Kombinationsspiel mit festem Regelwerk, vorgeschriebenen Spielfeldmaßen, einheitlicher Spielerzahl und festgelegtem Gerät.

Während, aus ethnologischer Sicht, in **Großbritannien Cricket** im angelsächsischen Bereich Mittelenglands entstand, hat Hockey seinen Ursprung vermutlich in den umliegenden keltischen Gebieten (HARRIS 1972). Dem Hockey am ähnlichsten ist das aus Irland stammende mittelalterliche **Hurling**, das dort noch heute als Nationalsport gilt. Zwei Mannschaften mit je 15 Spielern treten gegeneinander an. Mit einem Schläger („Hurley“) wird der Ball geschlagen oder getragen, und er kann in der Luft mit der Hand gestoppt oder geschlagen werden (DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. 1974). Bis heute wird Hurling in irischen Schulen, Universitäten und Vereinen gespielt und beim alljährlichen „*All Ireland Hurling Final*“, dem Endspiel der irischen Meisterschaft, finden sich Tausende von Zuschauern im Dubliner Croke-Park ein, um diesem Spektakel beizuwohnen. Die Ursprünge des Hurling finden sich in der keltischen Kultur. Zwar waren es – wie bereits erwähnt – wahrscheinlich die Römer, die die Stockballspiele nach Großbritannien brachten, doch sind Teile der britischen Inseln weitgehend von den Eroberungszügen der Römer und Germanen verschont geblieben. Dies sieht BUDINGER 1969 als Ursache dafür, dass sich Hurling in seiner ursprünglichen Form erhalten hat. Auch als die Wikinger von Skandinavien her im 9. Jahrhundert in Irland einfielen beeinflussten sie nicht die kulturelle Eigenständigkeit des Volkes, sondern begnügten sich mit einer losen politischen Beherrschung. In der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts unterjochten die Engländer unter Heinrich II. Irland sowohl politisch als auch kulturell. Sie fanden rasch Begeisterung an dem Spiel und so wurde um das Jahr 1600 auch in England, vornehmlich in Cornwall und Devon, Hurling gespielt und dort **Kappan** genannt. Jedoch hatte das Spiel in England keine lange Lebensdauer. **Irische Auswanderer** brachten **Hurling** bis **Amerika** und **Australien**, wo es sich jedoch ebenfalls nicht durchsetzte. Für die Iren war Hurling ein betontes Kampfspiel mit einem hohen physischen und psychischen Bildungswert. Aus der Etymologie des Wortes Hurling ist zu entnehmen, dass etwas – hier ist es der Ball – oft gegen den heftigen Widerstand eines Gegners unter Benutzung eines Schlägers vorangetrieben oder geschlagen wurde. Aus der ehemaligen Grundform des Wettkampfs, bei dem wirklich der „Kampf“ im Vordergrund stand,

---

<sup>7</sup> In Irland findet sich eine schriftliche Quelle aus dem 2. Jahrhundert über ein hockeyähnliches Spiel (HIRN 1928).

entwickelte sich Hurling mehr und mehr zum reinen Spiel, was sich unter anderem darin dokumentiert, dass der **Schläger** langsam seinen zuvor waffenartigen Charakter verlor und im Laufe der Zeit ausschließlich zum **Spielgerät** wurde. Die **Anzahl** der Spieler wurde von über 100 auf **15 pro Mannschaft** reduziert. Diese Reduzierung führte schließlich zur Festlegung der Spielfeldmaße. Als 1884 die *Gaelic Athletic Association* gegründet wurde, erhielt das Hurling durch eine feste Regelfassung ebenfalls seine organisatorische Form. Bei den Befreiungskriegen Irlands aus der englischen Herrschaft 1916/21 erlangte Hurling ebenfalls Bedeutung. Zwar ähnelt der Spielgedanke dem Feldhockey, doch durch die großzügigen Regeln des Hurling, die ein raues Spiel mit starkem körperlichen Einsatz ermöglichen, weicht es wesentlich von den technischen und taktischen Grundsätzen des Hockey ab (BUDINGER 1969, BUDINGER u. Mitarb. 1980, EICHBERG 1980).



**Abb. 2:**

*Zwei Szenen, die hockeyähnliche Spiele zeigen (HIRN 1928).*



Ebenfalls ein gälisches Spiel und dem Hurling verwandt ist das im benachbarten **Schottland** beheimatete *Shinty*, das laut HIRN 1928 dort bereits im 12. Jahrhundert gespielt wurde. Zwei Mannschaften mit je zwölf Spielern versuchen einen Ball mittels Schlägern („*Caman*“) ins gegnerische Tor zu schießen (DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. 1974).

Gegen Ende des 17. Jahrhunderts begannen die Engländer damit das Kappanspiel oder Hurling in den **Wintermonaten auf dem Eis** auszutragen und nannten es nun *Bandy*<sup>8</sup>. Dieser Wechsel auf Eis folgte, da sie als Spielfläche zunächst den harten und ebenen Boden am Strand bevorzugten und in den Wintermonaten notgedrungen auf Eisflächen ausweichen mussten. Doch diese neue Variante fand schnell ihre Anhänger. Ausgehend von England verbreitete sich Bandy, das später „*Hockey on the ice*“<sup>9</sup> genannt wurde, in den Wintersportplätzen Europas, und erfreute sich besonders in Dänemark, Deutschland, Finnland, Holland, Norwegen, Schweden, der Schweiz und Ungarn bald großer Beliebtheit. Aufgrund der klimatischen Verhältnisse errang Bandy vor allem in Finnland, Russland und Schweden besondere Popularität und wurde zum Vorläufer des heutigen *Eishockey*, das etwa um 1870 entstand. Als jedoch England als führende Sportnation, an der sich die anderen europäischen Länder orientierten, das Interesse an dem Spiel verlor geriet Bandy in Mitteleuropa allmählich in Vergessenheit, bis es schließlich nur noch in den nordischen Ländern zu finden war. 1896 kam es in Stockholm zur Gründung des ersten „Bandy-Hockeyclubs“. Es wurde mit beiderseitig abgeflachten Schlägern und einer Holzscheibe - einer Art Vorläufer des heutigen Eishockeypucks - gespielt, die sich jedoch als unvorteilhaft erwies und etwa um 1904 durch einen massiven Gummiball ersetzt wurde. Dieser bewährte sich, und so kam es zu einem Popularitätsaufschwung der Sportart, an der nun **auch Frauen** Gefallen fanden; Bandy war wieder international anerkannt. Als statt der Aus-Linie die seitliche Bande eingeführt wurde, erhielt das Spiel einen neuen Impuls. Es wurde schneller und interessanter, da der Ball nun wesentlich seltener ins Seitenaus geriet. Die Bandy-Regeln bilden eine Mischung aus Eishockey, Landhockey und Fußball und somit finden sich in dem Sportspiel Elemente aus allen drei Sportarten. 1958 wurde in Helsinki erstmalig eine Weltmeisterschaft ausgetragen. Der Titel ging an die Sowjetunion vor Finnland und Schweden. Jedoch zeigte sich aus der geringen Beteiligung der Mitteleuropäer, dass diese keine spielstarken Mannschaften entsenden konnten oder die Sportart überhaupt nicht mehr betrieben. Vor allem die Entwicklung von Eis- und Landhockey dürften wohl die Ursache dafür sein, dass sich Bandy in Mitteleuropa nicht durchsetzen konnte. Lediglich in Kanada, Skandinavien und Russland hat sich das Spiel behauptet. In Schweden besitzt Bandy etwa die gleiche Bedeutung wie Hurling in Irland (BUDINGER 1969, DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. 1974, BUDINGER u. Mitarb. 1980).

---

<sup>8</sup> Nach HIRN 1928 ist *Bandy* ein Spiel der Walliser, das als Volksspiel zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch sehr beliebt war.

<sup>9</sup> Diese Bezeichnung ist insofern irreführend, da die Ausmaße des Spielfelds, der Tore und die zahlenmäßige Mannschaftsstärke etwa dem Landhockey entsprechen (BUDINGER 1969).

**Bandy** ist zwar der **Vorläufer** des **modernen Eishockey**, aber es gibt doch einige grundlegende Unterschiede zwischen den beiden Spielen. So wird Bandy auf einer größeren Eisfläche gespielt, und es gibt kein Spiel hinter dem Tor. Jede Mannschaft darf elf Spieler auf die Eisfläche schicken, die mit einem gebogenen Schläger einen Ball spielen. Wie beim Eishockey besteht das Ziel darin, mehr Tore als das gegnerische Team zu erzielen (DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. 1974).

Im Laufe des Umwandlungsprozesses, der in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in **England** stattfand und viele alte Freizeitbeschäftigungen des Volkes zu den heutigen Sportformen umschuf, und der **Zusammenfassung** der **Stockballspiele** setzte sich schließlich der Begriff **Hockey** durch. Die englische Bezeichnung Hockey stammt nach HIRN 1928 wahrscheinlich von dem französischen Wort *hoquet* – *gekrümmter Hirtenstab* – ab. Neben der Organisation von Fußball und Rugby gaben die Engländer auch dem Hockey eine zeitgemäße Form (BUDINGER u. Mitarb. 1980). Die Entwicklung zum modernen Hockeyspiel wurde überwiegend durch Schulen und Universitäten vorangetrieben, die generell die Urheber der modernen Sportbewegung waren (HIRN 1928, SCHLADITZ u. Mitarb. 1979). Um 1840 entstanden in der Umgegend von London die ersten Hockey-Clubs und diese trugen wesentlich zur Vereinheitlichung der Regeln bei (HARRIS 1972). Neben den Clubs entwickelten sich immer mehr die Universitäten und Public Schools zu den eigentlichen Trägern des Sports, wobei diese vor allem den Aufbau der Spiele, darunter auch Hockey, vorantrieben (BOHUS 1986). Nach WEIN (1977a) begann 1852, als in Harrow die ersten Hockeyregeln festgelegt wurden, die stürmische Entwicklung des Hockeyspiels. Auch BILLIG, STROTHMANN (1977) nennen die „*Rules of Harrow*“ als ältestes schriftlich überliefertes Hockeyregelwerks der Welt. Bei SCHLADITZ u. Mitarb. (1979), die ebenfalls das Jahr 1852 als Datum des ersten authentischen Regelwerks bezeichnen, wird von den „*Rules for the game of Hockey*“ gesprochen, deren elf Paragraphen einfache Bestimmungen über die Einteilung der Mannschaften, Spielkleidung und Spielfeldbeschaffenheit enthielten. Ebenso finden sich bei HIRN 1928 Angaben über die *Harrowschen Regeln* von 1852.

Regeln (die sich auf Ausübung des Spiels beziehen):

I.

Es dürfen nicht mehr als 60 im Spiel sein, dreißig auf jeder Seite.

II.

Die Torpfosten werden in der gleichen Entfernung von einander aufgestellt wie im Fußball. Um ein Tor zu gewinnen, muß der Ball zwischen den Torpfosten hindurchgehen.

III.

Kurze Schläger sind nicht erlaubt; und die Schläger dürfen niemals (ausgenommen im Falle eines Abschlags, wo ein voller Schlag erlaubt ist) über die Knie gehoben werden.

IV.

Wie beim Fußballspiel wird der Ball von der Mitte des Spielfeldes aus angespielt. Wenn der Ball über die Torlinie geht, ist er tot und muß von neuem angespielt werden, ausgenommen, wenn er ausgeschlagen wird von einem Spieler der Partei, hinter deren Torlinie der Ball geht; in diesem Falle ist der Ball noch im Spiel, er muß aber wieder vor die Torlinie gebracht werden, um das Spiel zu gewinnen.

V.

Es ist erlaubt, den Ball mit irgend einem Körperteil zu stoppen, aber wenn das mit der Hand geschieht, so darf der Ball nur gestoppt und nicht, wenn er gefangen, (zurück) geworfen werden.

VI.

Man darf mit dem Schläger einen Schlag (des Gegners, Anm. des Verf.) hindern, aber nicht absichtlich ein Bein stellen, oder ihn in irgend einer Weise hackeln. Werfen ist nicht erlaubt.

VII.

Wenn der Ball angespielt wird, darf keiner der anspielenden Partei zwischen dem Ball und dem gegnerischen Tor stehen.

VIII.

Es muß von allen äußerst sorgfältig darauf geachtet werden, daß jeder auf der richtigen Seite und nicht dahinter ist.

Ein Ball darf niemals gespielt werden, wenn er nicht auf der rechten Seite und vor dem Schlagenden ist. Schläge mit der falschen Seite sind auf keinen Fall erlaubt. Auf diese Regel kann nicht genug aufmerksam gemacht werden, da die geringste Nichtbeachtung die größte Gefahr und Unannehmlichkeiten verursachen kann.

IX.

Da die Beteiligung freiwillig ist, können die Regeln nur gestützt werden durch Geldstrafen und deshalb wird für jede Verletzung der obigen Regelung eine Strafe von einem Schilling festgesetzt.

X.

Im Falle von Meinungsverschiedenheiten muß der erste Schiedsrichter auf dem Platz angerufen werden; dessen Entscheidung ist endgültig.

XI.

Die Schiedsrichter haben volle Gewalt bei der Festsetzung von Strafen und in allen anderen Dingen betreffend die Aufrechterhaltung der Ordnung auf dem Platze.

Abb. 3:

Eine Übersetzung der elf Regelparagraphen der 1852 in Harrow festgelegten Hockeyregeln (HIRN 1928).

Demgegenüber ist für SMITH, ROBSON (1899) 1875 das Jahr, in dem die ersten Regeln entstanden, und daher sehen sie in diesem Datum das Geburtsjahr des Hockeyspiels **„moderner Prägung“**.

Ein wesentlicher Inhalt der Regeln war, dass Hockey im Gegensatz zum Fußball oder Rugby ohne körperlichen Kontakt gespielt werden sollte (BUDINGER u. Mitarb. 1980). Obgleich die Durchsetzung der ersten Hockey-Regeln noch einige Zeit bedurfte, bildeten sie aber den Grundstein des heutigen Regelwerks und 1876 wurde mit Gründung der Londoner **Hockey-Union** dann endgültig die einheitliche Regelauslegung in England durchgesetzt (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979). Irland, Schottland und Wales übernahmen die Hockey-Regeln der Engländer. Laut WEIN (1977a) wurde 1887 die Länge des Hockeystocks begrenzt und dem **Torhüter** erlaubt, den **Ball** mit dem **Fuß** zu spielen.

Zunächst entstanden zwei Kontrollorganisationen. Neben der bereits erwähnten Hockey-Union war dies die **Hockey Association**<sup>10</sup> (HARRIS 1972). Während BILLIG, STROTHMANN (1977) sowie BUDINGER u. Mitarb. (1980) 1886 als das Gründungsjahr der englischen Hockey Association angeben, kommt es laut SCHLADITZ u. Mitarb. (1979) in diesem Jahr in London zur Gründung des **„International Hockey Board“** (IHB), ein Zusammenschluss der Verbände von England, Irland und Wales, dem 1888 auch Schottland beitrifft. Den Zusammenschluss dieser vier Verbände datieren BUDINGER u. Mitarb. (1980) sowie EICHBERG (1980) auf das Jahr 1907. Das Präsidium setzte sich aus vier englischen Vertretern und je zwei Vertretern aus den drei anderen Ländern zusammen. Es hatte als Hauptaufgaben die Überwachung des Spielverkehrs sowie für die Einhaltung der Regeln zu sorgen. Die Bezeichnung **„International Hockey Board“** blieb bis heute für die Regelkommission der Internationalen Hockeyföderation erhalten (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979). EICHBERG (1980) nennt 1875 als Gründungsjahr des englischen Hockeyverbandes und 1886 als das Jahr, in dem einheitliche Regeln entstanden. Nach WEIN (1977a) wurden 1907 die meisten Regeln festgelegt, die noch heute Gültigkeit besitzen.

Trotz aller Unklarheiten bei den Gründungsdaten, bleibt es unbestritten, dass **England** – ohnehin das **„Mutterland zahlreicher Sportarten bzw. des Sports“** – die **Geburtsstätte des modernen Hockey** ist. Ehemalige Zöglinge der Proprietary School in Blackheath gründeten 1861 den ersten Hockeyclub der Welt, den „Blackheath Football and Hockey-Club“. 14 Jahre nach der ersten Clubgründung existierten in England bereits acht Hockeyclubs, und 1875 wurde der erste lokale Verband gegründet (BILLIG, STROTHMANN 1977). Von England aus verbreitete sich Hockey über die benachbarten europäischen Länder bis nach Asien, wo bereits seit Jahrhunderten Stockballspiele praktiziert wurden.

---

<sup>10</sup> Mit der Gründung der *Hockey-Union* und der *Hockey Association* wurden nicht nur zwei Organisationen, sondern auch zwei Spielformen entwickelt. Die *Hockey-Union* hatte in Anlehnung an die Rugby-Union 15 Spieler auf jeder Seite vorgesehen, während sich die *Hockey Association*, wie die Fußball Association mit 11 Spielern pro Mannschaft begnügte. 1895 akzeptierte die Union jedoch die Elfmannschaft der *Hockey Association*. Durch die Normierung wurde eine wesentliche Voraussetzung für die Austragung internationaler Vergleichskämpfe geschaffen, die noch im gleichen Jahr begannen (HARRIS 1972).

Laut SCHLADITZ u. Mitarb. (1979) fand 1875 das erste Länderspiel zwischen England und Irland statt und endete 5:0 für die Engländer. Seit der Gründung des IHB kam es zu einem regelmäßigen Spielverkehr der vier Mitgliedsländer. England gewann die meisten Spiele und blieb nach dem Olympiasieg 1908 in London bis zum Ausbruch des Ersten Weltkrieges die führende Hockeynation, die allgemein als „großer Lehrmeister“ anerkannt wurde (BUDINGER u. Mitarb. 1980).

Hockey entwickelte sich weiter bis zur heutigen Form des Feld- und Hallenhockeys, das durch die Unbespielbarkeit der Plätze in den Wintermonaten und die dadurch notwendige Feldhockeypause entstand.

## 2.5 Hockey – Ein Sport für Männer und Frauen

Auch bei den **Frauen** stieß **Hockey** auf **großes Interesse**. Dies ist zu einem Großteil darauf zurückzuführen, dass 1832, also bereits vor der Erstellung des ersten Regelwerks, in England Hockey an Mädchenschulen obligatorisch als Unterrichtsfach eingeführt wurde (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979). Jedoch bot sich in der von Verboten und Vorurteilen geprägten Viktorianischen Ära für Frauen kaum die Möglichkeit Hockey in Vereinen zu spielen. Daher suchten sie in Colleges und privaten Schulen Spielgelegenheiten. So gelang es, trotz widriger Umstände, über die Gründung von Privatclubs Hockey bei den Frauen populär zu machen (BUDINGER u. Mitarb. 1980). 1887 wurde mit dem „Molesey Ladies‘ Club“ in England der erste private Feldhockey-Club für Frauen gegründet (DELANO 1966, BILLIG, STROTHMANN 1977). 1894 kam es in Irland zur Gründung der **Ladies Hockey Union**, wodurch das Frauenhockey neue Impulse erhielt. Sechs englische Damen-Hockeyclubs gründeten 1895 den Dachverband **English Ladies‘ Hockey Association**. Die Frauen wollten sich der Hockey Association anschließen, ihr Aufnahmeantrag wurde jedoch von den Männern abgelehnt. Daraufhin gründeten die vier britischen Verbände bereits 1895 die **All England Women's Hockey Association** (AEWHA), die bis heute an ihrer Unabhängigkeit festhält. Sie verankerten in ihrer Satzung: „... dass kein Mann eine Funktionärstätigkeit in irgendeiner Vereinigung ausüben darf, die in enger Verbindung mit der England Women's Hockey Association steht“ (BUDINGER 1969, BILLIG, STROTHMANN 1977). Seit 1927 existiert neben der „**Fédération Internationale de Hockey sur gazon**“ (FIH)<sup>11</sup> als oberstem internationalen Hockey-Gremium mit der „**International Federation of Women's Hockey Association**“ (IFWHA) auch eine Dachorganisation der eigenständigen Frauenverbände, in der die vorwiegend englischsprachigen Länder vertreten sind. Im September 1973 beschloss die FIH, in der Damen-Hockey zwar schon integriert war, die sich aber bisher

---

<sup>11</sup> Siehe zu FIH und IFWHA auch *Kapitel 2.6*.

vorrangig für die Herren zuständig fühlte, künftig auch die **Damen-Weltmeisterschaft** auszurichten. Die Versammlung fand es unsinnig, dass bei den Herren nach den Regeln der FIH und bei den Damen nach denen der IFWHA gespielt wird. Es gab nun konkurrierende FIH- und IFWHA-Weltmeisterschaften. Zwischen dem 17. und 24. März 1974 fand bei Cannes die erste Damen-WM der FIH statt, die von angelsächsischen Mitgliedern der IFWHA boykottiert wurde. Weltmeister wurden die Niederländerinnen vor Argentinien und der Bundesrepublik Deutschland. Bei der zweiten **FIH-Damen-Weltmeisterschaft** vom 22. bis 30. Mai 1976 in **Westberlin** sicherten sich dann die **bundesdeutschen Nationalspielerinnen** ungeschlagen den **Titel**. Diesen Triumph konnte das deutsche Damen-Nationalteam im April 1981 in Buenos Aires durch einen 4:2 Sieg nach Siebenmeterschießen – nach Ablauf der regulären Spielzeit und der Verlängerung hatte es 1:1 gestanden – über die Vertretung der Niederlande wiederholen (BILLIG, STROTHMANN 1977).

Die Konkurrenz zwischen der FIH und IFWHA wurde beendet als die angelsächsische Damen-Organisation im August 1981 einstimmig die Integration mit der FIH ab August 1982 beschloss. Vom 10. bis 23. April 1983 fand in Kuala Lumpur die erste gemeinsame Damen-WM der FIH und der IFWHA statt. Die Trennung im Damen-Hockey war damit aufgehoben (BILLIG, STROTHMANN 1977). Weitere Informationen über die Entwicklung des Damen-Hockeys in Deutschland sind *Kapitel 2.8* zu entnehmen.



**Abb. 4:**

*Bei den Frauen erfreut sich Hockey großer Beliebtheit. Spielszene aus einer Begegnung der deutschen Nationalmannschaft 1989 gegen Spanien (2:1) im Limburger Eduard-Horn-Park.*

## 2.6 Hockey – Eine olympische Disziplin

Heute zählt **Feldhockey** bei **Männern** und **Frauen** zu den **olympischen Disziplinen**. Bereits bei den IV. Spielen 1908 in London<sup>12</sup> und 1920 in Antwerpen gehörte Feldhockey den olympischen Sportarten an, wurde jedoch zu völlig anderen Zeiten als die eigentlichen Spiele ausgetragen. 1924 nahmen die Organisatoren der in Paris stattfindenden Spiele in Zusammenarbeit mit dem „*Internationalen Olympischen Komitee*“ (IOC) Hockey aus dem Programm, da es im Vergleich zu den anderen olympischen Disziplinen noch keinen repräsentativen, die Länder vertretenden, Weltverband hatte. Daraufhin wurde am 7. Januar 1924 in Paris die internationale Dachorganisation des Hockeysports, die „*Fédération Internationale de Hockey sur gazon*“ (FIH), gegründet. Belgien, Frankreich, Österreich, die Schweiz, Spanien, die Tschechoslowakei und Ungarn waren die sieben europäischen Gründungsländer<sup>13</sup> und ersten Mitglieder der FIH, der heute 114 Mitgliedsländer angehören. Nach vielen kontroversen Diskussionen stellte der Deutsche Hockey-Bund im Dezember 1927 den Aufnahmeantrag für die FIH und wurde im März 1928 – noch vor den Olympischen Spielen – aufgenommen und errang die Bronzemedaille. Seit den Spielen 1928 in Amsterdam ist Hockey fester Bestandteil des olympischen Programms der Herren und wurde damals erstmalig von der FIH kontrolliert.

Wie schon in *Kapitel 2.5* erwähnt gibt es außer der FIH seit 1927 auch eine Dachorganisation der eigenständigen Frauenverbände, die „*International Federation of Women's Hockey Association*“ (IFWHA). Die Teilnahme der Frauen an den Olympischen Spielen wurde durch den Zusammenschluss der beiden getrennten Hockeyweltföderationen 1976 ermöglicht. Durch die Bildung des „*Supreme Council*“, dem von jeder Föderation vier Vertreter angehören, wurde ein Gremium geschaffen, das beiden Dachorganisationen vorsteht und Hockey im IOC vertritt. Die **Hockeydamen** hatten daher erst **1980** in **Moskau** ihre **olympische Premiere** (SCHLADITZ u. Mitarb. 1979).

Neben den Olympischen Spielen zählen im Feldhockey die seit 1971 bei den Herren und ab 1973 bei den Damen von der FIH ausgetragenen Weltmeisterschaften<sup>14</sup>, der Europa-Cup (seit 1970), die Pan Amerikanischen Spiele, die Asian Games und die Pan African Games zu wichtigsten Wettbewerben. Informationen über das Abschneiden der deutschen Teams bei den Olympischen Spielen sind den *Kapiteln 2.8, 2.9 und 2.10* zu entnehmen.

<sup>12</sup> Das Finale zwischen England und Irland endete 8:1 für die Engländer.

<sup>13</sup> BILLIG, STROTHMANN (1977) nennen nur Belgien, Frankreich, Österreich, Schweiz, Spanien und Ungarn als Gründungsländer.

<sup>14</sup> Die Weltmeisterschaften wurden zunächst im zweijährigen Turnus durchgeführt, werden heute aber nur noch alle vier Jahre ausgetragen.

## 2.7 Fortschritt durch die Inder

Während sich die Europäer an der Spielweise der Engländer orientierten, entwickelten die **Inder** mit der von ihnen vorgenommenen Verfeinerung des Hockeystocks eine Technik, durch die sie den Europäern bei den Olympischen Spielen 1928 deutlich überlegen waren. In erster Linie die Ballführung im Vor- und Rückhandspiel bewährte sich in den Angriffskombinationen und erweiterte die Variationsmöglichkeiten der Spielhandlungen (BUDINGER u. Mitarb. 1980). Neun Länder, darunter acht europäische Nationen<sup>15</sup> und als einziger Nichteuropäer Indien, das vor den Spielen als Außenseiter galt, beteiligten sich an dem olympischen Turnier. Da die Engländer zu diesem Zeitpunkt noch nicht der FIH angehörten, durften sie nicht an den Wettkämpfen teilnehmen, so dass sie ihren Olympiatitel, den sie während der ersten beiden olympischen Hockeyturniere errungen hatten, nicht verteidigen konnten. Niemand wusste etwas über die Spielstärke der erstmals in Europa auftretenden Inder. Doch verblüfften sie die Sportwelt als sie den Wettbewerb nach fünf Spielen und Siegen ohne einen Gegentreffer leicht für sich entschieden, und man von den Zauberern oder Artisten aus dem fernen Indien sprach. Ihr technisch ausgereiftes Spiel kam nahezu ohne Körperkontakte mit den Gegenspielern aus. Im olympischen Finale bezwangen die Asiaten Holland, das Deutschland in der Vorrundrunde eine 2:1-Niederlage beigebracht hatte, mit 3:0. Auch bei den Olympiaden 1932 in Los Angeles, 1936 in Berlin, 1948 in London, 1952 in Helsinki und 1956 in Melbourne waren die **Inder** das dominierende Team und stellten damit **sechsmal** in Folge den **Olympiasieger**. Erstmals 1960 in Rom unterlagen sie im olympischen Finale ihren ehemaligen Landsleuten aus **Pakistan** (BUDINGER 1969, 1979, WEIN 1977a).

Interessant war das olympische Hockeyfinale 1952 in Helsinki, als aus den damals besten Hockeynationen zwei völlig verschiedene Spielweisen aufeinander trafen. Auf der einen Seite standen die Inder mit ihrem technisch ausgereiften Spiel gepaart mit Schnelligkeit und auf der anderen Seite schickten die Holländer „hockeyspielende Athleten“ ins Turnier, deren Spielweise kraftvoll und dynamisch war. Im Finale siegte die Technik der Inder über die körperliche Leistungsfähigkeit der Niederländer, die jedoch zuvor immerhin eine Hockeynation wie Pakistan mit 1:0 bezwungen hatten (BUDINGER u. Mitarb. 1980).

Erst langsam tasteten sich die europäischen Länder an die Asiaten heran und lernten aus deren Spielweise. Heute ist die Leistungsspitze im Welthockeysport enger zusammengedrückt.

---

<sup>15</sup> Auch Deutschland nahm an dem olympischen Turnier 1928 teil und konnte mit dem Erringen der Bronzemedaille durch einen 3:0 Sieg über Belgien seinen ersten großen internationalen Erfolg feiern.



## 2.8 Hockey in Deutschland

Mit dem niederdeutschen *Treibball* oder *Sauball* existierte in Deutschland bereits seit Jahrhunderten ein dem Hockey verwandtes Spiel, das aber nicht als dessen direkter Vorläufer anzusehen ist (HIRN 1928). Im Laufe der achtziger Jahre des 19. Jahrhunderts führte der Deutsche Fußballverein in Hannover Hockey in Deutschland ein (EICHBERG 1980). BILLIG, STROTHMANN (1977) schreiben jedoch, es könne einer alten Abhandlung<sup>16</sup> entnommen werden, dass erstmals „Uhlenhorst“ in Hamburg den Versuch wagte, auf deutschem Boden Hockey zu spielen. Aber etwa um die gleiche Zeit habe auch der Internationale Sport-Club in München, Hockey versuchsweise in sein Programm aufgenommen. 1887 gründeten englischstämmige Hockeyspieler in Hannover und Heidelberg Hockeyclubs; 1893 nahm der neugegründete Akademische Sport-Club Berlin Hockey in sein Programm auf (BILLIG, STROTHMANN 1977). Die geschichtliche **Entwicklung des Hockeyspiels in Deutschland** steht in enger Verbindung zum Olympiajahr 1896 (BUDINGER 1969). Während in Athen die ersten Olympischen Spiele der Neuzeit stattfanden, erweckten englische Schüler am Pädagogium in **Bad Godesberg** das Interesse ihrer deutschen Mitschüler am Hockey und auch Gymnasiasten aus **Bonn** fanden Gefallen an der Sportart. So kam es 1896 in Bonn zum ersten Hockeyspiel zwischen der Mannschaft des Godesberger Pädagogiums und des Bonner Königlichen Gymnasiums. Um 1900 entstanden die ersten deutschen Vereine in Hamburg, Berlin<sup>17</sup>, Bremen und Wiesbaden, wobei oft englische Schüler die ersten Impulse gaben. HIRN (1928) nennt Berlin, Hamburg, Frankfurt am Main, Heidelberg, Straßburg, Freiburg, Leipzig, Dresden und Bonn als Orte, in denen um die Jahrhundertwende Hockeyvereine entstanden. Dadurch erhielt der „**1. Hamburger Hockey-Club**“<sup>18</sup>, der bereits **1898** gegründet wurde und Landhockey als Sportart in Deutschland bekannt gemacht hatte, die zu einem regelmäßigen Spielverkehr notwendigen Partner. Der Uhlenhorster Hockey-Club Hamburg entwickelte sich zum spielerisch stärksten Team der Anfangszeit und wurde somit 1908 als Vertreter Deutschlands zum I. Olympischen Hockey-Turnier in London entsandt (BUDINGER 1969). **1908** taucht der Begriff **Hockey** auch erstmals im **Brockhaus** auf und wird dort folgendermaßen erklärt: „Hockey, eine Art Ballspiel, wobei mit Hakenstöcken hölzerne Kugeln in ein Loch zu schlagen sind, was der Gegner zu verhüten hat.“ BILLIG, STROTHMANN (1977), denen dieses Zitat entnommen wurde, schreiben kommentierend, dass es fraglich sei, ob der Verfasser dieser Definition jemals ein Hockeyspiel gesehen habe.

<sup>16</sup> Ein Datum bzw. eine Jahreszahl, wann es zu diesen ersten Hockeyversuchen auf deutschem Boden kam, wird nicht genannt.

<sup>17</sup> Bis 1906 entstanden in Berlin elf Hockeyclubs.

<sup>18</sup> Der „1. Hamburger Hockey-Club“ hatte sich zwar schon 1903 wieder aufgelöst, doch in der Hansestadt entstanden mit dem Uhlenhorster Hockey-Club (1901), dem Harvestehuder Hockey-Club (1904) und dem Eilbeker Hockey-Club gleich drei Vereine zwischen 1901 und 1906.

Hockey wurde schnell bekannt, und gegen Ende des ersten Jahrzehnts im 20. Jahrhundert schlossen sich die verschiedenen Vereine zu Verbänden zusammen. Doch bereits 1902 war es in Berlin zur Gründung des „*Berliner Hockey-Verbandes*“ als erstem Verband gekommen.<sup>19</sup> 1907 wurde dann der zweite Berliner Hockey-Verband gegründet. Dieser zweite Versuch endete jedoch in aller Stille schon wieder 1909. Im gleichen Jahr beschloss der Verband Berliner Athletik-Vereine die Gründung eines Hockey-Ausschusses und übernahm den Spielverkehr (BILLIG, STROTHMANN 1977). Um 1908 entstanden folgende landschaftliche Vereinigungen: Der Rheinische (später Westdeutsche) Hockey-Verband (1908), der Hannoverische Hockey-Verband (1910), der Berliner Hockey-Verband und der 1911 gegründete Oberrheinische Hockey-Verband (HIRN 1928). Diese waren die Vorläufer des am 31. Dezember **1909** in Bonn gegründeten „*Deutschen Hockey-Bundes*“ (DHB). Im Rahmen einer Internationalen Hockeywoche in Bonn hatte der Bonner Hockey-Club die Vertreter fast aller deutschen Hockeyclubs zu einer Zusammenkunft eingeladen. Dieses Treffen wurde zur Gründungsversammlung des Deutschen Hockey-Bundes. Die Vertreter der etwa zwanzig anwesenden Hockey-Vereine beschlossen, einen „*Bund der Vereine*“ zu gründen. Von einer festen Organisation sah man zunächst ab; bis zum ersten Bundestag Ostern **1910** sollte ein vorbereitender Ausschuss die Geschäfte führen. Im Gründungsprotokoll heißt es: „Auf Grund nachstehender Satzung wird ein Deutscher Hockey-Bund gegründet“.

§ 1. Die am 31. Dezember 1909 in Bonn versammelten Vertreter deutscher Landhockey treibender Clubs schließen sich zu einem deutschen Hockey-Bund zusammen.

§ 2. Zweck des Bundes ist die Förderung des Hockeysports.

§ 3. Bis zum ersten ordentlichen Bundestag wird der Bund vertreten durch einen von der Gründungsversammlung gewählten Ausschuss von elf Mitgliedern mit dem Recht der Zuwahl, der auch über die bis dahin eingehenden Aufnahmegesuche entscheidet.

Nach Gründung des **DHB** begann der systematische Aufbau der Sportart nach englischem Vorbild. Im Rahmen der VI. Hamburger Osterhockeywoche des Uhlenhorster Hockey Clubs fand am 26. März 1910 der erste ordentliche Bundestag des Deutschen Hockey-Bundes statt. Die Versammlung beschloss die Einrichtung eines achtköpfigen Bundesausschusses (BUDINGER 1969, BILLIG, STROTHMANN 1977, BUDINGER u. Mitarb. 1980, EICHBERG 1980). Bis kurz nach dem 1. Weltkrieg war der DHB eine ziemlich ungegliederte Vereinigung der Deutschen Hockey-Vereine. Doch dann kam es zu einem fester strukturierten Aufbau. Der Rheinische Hockey-Verband entwickelte sich zum Westdeutschen, der Oberrheinische, dem sich die Vereine um Frankfurt am Main, in der Pfalz und in Bayern angliederten, erweiterte sich zum Süddeutschen Hockey-Verband, in Berlin kam es zur Gründung des Brandenburgischen Hockey-Verbandes, Hannover, Bremen und Hamburg bildeten den Norddeutschen Hockey-Verband und weiterhin entstand der Mitteldeutsche, der Ostdeutsche und der Südostdeutsche Hockey-Verband. Interessant war die organisatorische Struktur des DHB denn trotz der Einrichtung von Landesverbänden hatten

---

<sup>19</sup> Über diesen Verband ist außer der Gründung nichts weiter bekannt.

diese auf der jährlichen Bundestagung selbst kein Stimmrecht, da der DHB aus seiner Gründungszeit her ein Zusammenschluss der Vereine und nicht der Verbände war. Dies gab jedoch auch dem kleinsten Verein die Möglichkeit, sich auf der Bundestagung Gehör zu verschaffen (HIRN 1928).

In der kurzen Entwicklungszeit bis zum 1. Weltkrieg kam es zu zahlreichen Vereinsgründungen, an die Leistungsstärke der Engländer reichte man aber bei weitem nicht heran. Der Klassenunterschied zwischen diesen beiden Hockey-Nationen spiegelt sich in dem vierten<sup>20</sup> offiziellen Länderspiel 1913 wider, das die Engländer mit 9:1 für sich entschieden. Das erste inoffizielle Länderspiel einer deutschen Mannschaft wurde schon am 21. Mai 1910 in Frankfurt gegen die England Eleven ausgetragen, das die Briten 4:0 für sich entschieden. Im Oktober des gleichen Jahres kam es anlässlich der Weltausstellung in Brüssel zu einem Länderspiel gegen Belgien, das 1:3 endete.

Nach Beendigung des 1. Weltkrieges wuchs die Anzahl der Hockey-Vereine in Deutschland, so dass man **Mitte der zwanziger Jahre** sogar von einer Konsolidierung sprechen konnte. Etwa **390 Vereine** mit **21000 Mitgliedern** waren im **DHB** organisiert. Der Boykott der sogenannten „Mittelmächte“ verhinderte bis 1926/27 zunächst eine Wiederaufnahme der Beziehungen zu vielen der ehemaligen Spielpartner. Jedoch kam es auf internationaler Ebene zu regelmäßigen Vergleichskämpfen mit Dänemark, Holland<sup>21</sup>, Österreich und der Schweiz. Auch die Nationalmannschaft errang bis zum Ausbruch des 2. Weltkriegs internationale Erfolge. So kam das **deutsche Hockeyteam**, wie bereits erwähnt, bei der **Olympiade 1928** in Amsterdam auf den **dritten Platz** und zog **1936** in **Berlin** erstmalig ins **Finale** ein. Dieses verlor das deutsche Team zwar gegen Indien, aber der Gewinn der Silbermedaille war bereits ein großer Erfolg. 1937 wurde die Einführung der Deutschen Meisterschaft für Herren beschlossen, und 1940 hatte dann die Deutsche Meisterschaft der Damen ihre Premiere.

Nach dem 2. Weltkrieg erlaubte der alliierte Kontrollrat mit der Verordnung Nr. 9 ab 15. September 1945 die Durchführung von Sportfesten, und mit der Anweisung Nr. 17 wurde die Gründung von Sportvereinen wieder gestattet. Daraufhin kam es bereits am 23. September 1945 zu einem Freundschaftsspiel zwischen den neugegründeten Vereinen Münchner Sportclub und HC Wacker München. Ab 1946 setzte die Neugründung von Landesverbänden ein. Die Vertreter von 252 Vereinen trafen sich vom 10. bis 12. Dezember **1949** im Clubhaus des Kölner Tennis und Hockey-Clubs „Stadion Rot-Weiß e.V.“ zur **Neugründung**

---

<sup>20</sup> Diese Angabe ist BUDINGER u. Mitarb. (1980) entnommen. In BUDINGER (1969) nennt der Autor dieses Ergebnis für das erste offizielle Länderspiel gegen England.

<sup>21</sup> Vor allem mit Holland pflegten die deutschen Vereinsmannschaften einen regen Spielverkehr. Bereits das erste Zusammentreffen 1926 in Amsterdam war ein Warnzeichen für die technisch überlegenen Deutschen. Denn gegen ein holländisches Team, das bis dahin fast nur nach den in Holland üblichen Regeln gespielt hatte, gab es nur ein 2:1. Die holländischen Regeln unterschieden sich von der international üblichen Spielweise. Besonders im Rheinland waren die holländischen Regeln durch die zahlreichen Spiele zwischen Clubmannschaften bekannt. Dort war es üblich, eine Halbzeit lang „holländisch“ zu spielen, d. h. es wurde mit einem Poloball sowie mit beiden Stockseiten gespielt und der Rückhandschlag entfiel. Der zweite Spielabschnitt wurde anschließend nach internationalen Bestimmungen bestritten (BUDINGER 1969).

des **Deutschen Hockey-Bundes**, und 1951 begannen wieder die internationalen Kontakte<sup>22</sup>. Auf nationaler Ebene hatte sich das Hockey seit 1947 soweit entwickelt, dass wieder ein organisierter Spielbetrieb möglich war. Die Landeshockeyverbände trugen Meisterschaftsspiele aus, und ab 1949/50 kam es wieder zu Deutschen Meisterschaften<sup>23</sup>. Das erste internationale Vergleichsspiel nach der Unterbrechung durch den 2. Weltkrieg wurde am 15. September 1951 in Stuttgart gegen die Schweiz ausgetragen und mit 4:1 gewonnen. Nach stürmischer Diskussion regte die International Federation of Women's Hockey-Association am 30. September 1951 die Aufnahme Deutschlands an. Die ersten Damenländerspiele nach dem Krieg fanden vom 30. September bis 10. Oktober 1953 beim internationalen Turnier der IFWHA in Folkestone statt. Die deutschen Damen gewannen ihr erstes Länderspiel mit 1:0 gegen die Schweiz. Bis auf einen 2:0 Sieg über Schottland im letzten Spiel wurden alle weiteren Begegnungen gegen Neuseeland (1:2), Australien (0:1), England (0:8) und Irland (2:3) anschließend jedoch verloren (BILLIG, STROTHMANN 1977).

**1952 in Helsinki** durfte Deutschland mit seinen Herren wieder an den Olympischen Spielen teilnehmen. Durch das Startverbot Deutschlands 1948 in London und den erst langsam fortschreitenden Wiederaufbau des Sports nach dem Krieg war die deutsche Nationalmannschaft in Helsinki den stärksten europäischen Hockey-Nationen Holland und Großbritannien weit unterlegen und belegte den **fünften Platz**. Olympiasieger wurden die favorisierten Inder durch einen 6:1 Finalsieg über Holland.

Laut SCHLADITZ u. Mitarb. (1979) war nach der Spaltung Deutschlands der **Deutsche Hockey-Sportverband** der **DDR 1952** in Helsinki als provisorisches und 1956 in Melbourne als vollberechtigtes Mitglied in die FIH aufgenommen worden. Somit waren nun beide deutschen Hockeyverbände Mitglied der FIH. Ursprünglich hieß der ostdeutsche Verband **Sektion Hockey der DDR** und **Deutscher Hockeyverband** (DHV) und wurde vom 11. Juli 1959 bis zu seiner Auflösung nach der Wiedervereinigung (*siehe unten*) **Deutscher Hockey-Sportverband** (DHSV) der DDR genannt.<sup>24</sup>

Am 19. Januar 1953 tagten Vertreter des DHB und der Sektion Hockey der DDR in Westberlin, um über die Wiederaufnahme des Spielverkehrs zu beraten. Man einigte sich darauf, unter Berücksichtigung des Status von Berlin, den Spielbetrieb wieder aufzunehmen.

Aus den Niederlagen vom olympischen Turnier in Helsinki wurden Lehren gezogen, so dass **Deutschland** bei der inoffiziellen **Europameisterschaft** vom 27. Oktober bis 1. November **1954 in Brüssel** durch Siege über Spanien, Polen, Holland und Großbritannien den **Titel**

---

<sup>22</sup> Im April 1951 wurde der DHB auf der Vorstandssitzung des internationalen Hockeyverbandes in Paris provisorisch mit 8:4 Stimmen wieder international zugelassen.

<sup>23</sup> Heute gibt es in Deutschland bei den Männern sowohl auf dem Feld als auch in der Halle eine zweigleisige Bundesliga mit den Gruppen Nord und Süd. Jeweils die ersten zwei Mannschaften jeder Gruppe spielen schließlich um die Deutsche Meisterschaft, wobei der Gruppenerste auf den Zweiten der anderen Gruppe trifft. Die Sieger aus diesen Halbfinalbegegnungen ermitteln dann den Meister.

<sup>24</sup> Während eines außerordentlichen Verbandstages in Leipzig kam es auf Wunsch der FIH zu der Namensänderung wegen der Verwechslungsgefahr.

errang.<sup>25</sup> Anschließend flogen die Nationalspieler für vier Wochen nach Pakistan, um sich mit der asiatischen Spielweise vertraut zu machen. Diese Lehrreise führte dazu, dass auch in Deutschland die spielerischen Elemente in den Vordergrund rückten, und man sich auch taktisch besser auf die einst so verwirrende, fremdartige Spielweise einstellte. Durch die weichen Rasenplätze wurde das Erlernen der indisch-pakistanischen Technik zunächst erschwert. Erste Erfolge zeigten sich **1956** bei der **Olympiade in Melbourne** als man hinter Indien und Pakistan auf den **dritten Platz** kam. Indien unterlag die gesamtdeutsche Auswahl nur mit 0:1, und gegen Pakistan erreichte man sogar ein 0:0. Damit errang Deutschland zwanzig Jahre nach dem Erfolg von Berlin erstmals wieder eine olympische Medaille im Hockey. Da sich der DHB und der Deutsche Hockey-Sportverband der DDR nicht auf ein gemeinsames Team einigen konnten, musste in vier Ausscheidungsspielen zwischen den „beiden Nationalmannschaften“ ermittelt werden, welche Auswahl Deutschland 1960 bei den Olympischen Spielen in Rom vertreten sollte. Am Ende hatte das bundesdeutsche Team knapp die Nase vorn und konnte die Reise nach Rom antreten.<sup>26</sup> Trotz des relativ schwachen Abschneidens in Rom 1960 (7. Platz) und dem Scheitern an der Auswahl des Deutschen Hockey-Sportverbandes der DDR in der innerdeutschen Ausscheidung vor Tokio 1964<sup>27</sup> fand die bundesdeutsche Hockey-Nationalmannschaft wieder den Anschluss an die Weltspitze (BUDINGER 1969, BUDINGER u. Mitarb. 1980). Als Konsequenz der Teilung Deutschlands in zwei Staaten beschloss das IOC am 8. Oktober 1965, dass zukünftig beide deutschen Staaten mit eigenen Mannschaften an den Olympischen Spielen teilnehmen werden.

Während des 28. DHB-Bundestages in Heidelberg am 19. und 20. April 1969 in Heidelberg wurde die Einführung der **Herren-Feldhockey-Bundesliga** ab der Spielzeit **1969/70**<sup>28</sup> und die Einführung von Deutschen Meisterschaften für die Jugend beschlossen. Bereits im September 1965 hatte Hugo BUDINGER auf einer Präsidiums- und Bundesausschusssitzung die Einführung einer zweigleisigen Bundesliga mit je sechs Vereinen vorgeschlagen, doch dies wurde auf einem außerordentlichen Verbandstag am 26. Februar 1966 in Wiesbaden abgelehnt. Ebenso hatte auch der zweite Versuch der Einführung einer Feld-Bundesliga beim 27.

<sup>25</sup> BILLIG und STROTHMANN (1977) nennen Belgien (1:0), Polen (5:2) und Spanien (2:1) in der Vorrunde sowie Holland (1:0) im Halbfinale und erneut Belgien (1:0) im Endspiel als Gegner der deutschen Nationalmannschaft.

<sup>26</sup> Zunächst waren zwei Ausscheidungsspiele vereinbart, von denen das erste in Köln von der DHB-Auswahl 3:0 gewonnen, das zweite jedoch in Jena 1:4 verloren wurde. Dadurch waren zwei weitere Entscheidungsspiele notwendig. Das dritte Spiel endete in Köln 0:0 und anschließend gelang der bundesdeutschen Mannschaft ein 3:0 Sieg (BILLIG, STROTHMANN 1977).

<sup>27</sup> Auch für die Olympischen Spiele 1964 in Tokio mussten wieder vier Ausscheidungsspiele darüber entscheiden ob das bundesdeutsche Team oder die Nationalmannschaft der DDR Deutschland vertreten wird. Das erste Qualifikationsspiel gewann die DHB-Mannschaft in Westberlin mit 4:2, doch dann folgte in Jena eine 0:1 Niederlage, so dass abermals zwei weitere Spiele die Entscheidung bringen mussten. Die DHSV-Auswahl siegte erneut in Jena 1:0 und so genügte ihr im letzten Spiel in Westberlin ein 2:2 um die Fahrkarte nach Tokio zu lösen (BILLIG, STROTHMANN 1977).

<sup>28</sup> Die neue zweigleisige Bundesliga nahm im September 1969 ihren Spielbetrieb auf. In der Gruppe Nord spielten SW Köln, RW Köln, UHC Hamburg, DHC Hannover, Gladbacher HTC und Klipper Hamburg. In der Süd-Gruppe gingen der Berliner HC, SC Frankfurt 1880, HC Heidelberg, HC Ludwigsburg, RW München und TSG Kaiserslautern an den Start.

Bundestag am 8. und 9. April 1967 in Hamburg keine Mehrheit gefunden. 1971, während des 29. Bundestages am 22. und 23. Juli in München, wurde beschlossen die Bundesliga von sechs auf acht Vereine pro Gruppe zu erweitern. Die Versammlungsteilnehmer beschlossen weiterhin auf diesem Bundestag die Einführung einer zweigleisigen Hallen-Bundesliga ab der Saison 1972/73 (BILLIG, STROTHMANN 1977).

Einen Triumph feierte das **bundesdeutsche Hockeyteam** bei den **Olympischen Spielen von München 1972** als man am 10. September durch einen 1:0 Sieg über Pakistan die **Goldmedaille** gewann.<sup>29</sup> Die 44 Jahre bestehende Vorherrschaft der indischen und pakistanischen Mannschaften war gebrochen. Generell lernten die Europäer von den Asiaten und die Weltspitze rückte enger zusammen. Bei der ersten **Hallen-Europameisterschaft** im Februar **1974** in Berlin errang die **bundesdeutsche Nationalmannschaft** den **Titel** vor den Niederländern und der Schweiz.

Allmählich vollzog sich ein Wechsel vom Rasen- zum Kunstrasenplatz hin, der durch seine ebenere Fläche bessere Voraussetzungen für ein technisch hochwertiges Spiel bot. Der **Limburger HC** war **1975** der erste Club, der in Deutschland einen **Kunstrasenplatz** besaß. Bei den Olympischen Spielen 1976 in Montreal wurde erstmals ein Hockeyturnier auf Kunstrasen ausgetragen.

**Hockey** entwickelte sich in Deutschland zu einer beliebten Sportart an Schulen und wurde **1976** in den Wettbewerb „*Jugend trainiert für Olympia*“ aufgenommen. Damit begann eine neue Entwicklungsphase im Schul- und Jugendhockey. Mittlerweile gibt es in Deutschland mehr hockeyspielende Schulen als Vereine (BUDINGER u. Mitarb. 1980).

Der 33. Bundestag des DHB (5./6. Mai 1979 in Gernsbach) stand ganz im Zeichen der Damen, denn nach etlichen vergeblichen Anläufen wurde nun auch für sie die Einführung einer Feldhockey-Bundesliga beschlossen. **1979** war auch das Jahr, in dem vom 23. August bis 2. September in **Versailles** erstmals eine **Junioren-Weltmeisterschaft** ausgetragen wurde, bei der **Deutschland** hinter Pakistan den **zweiten Platz** belegte. Während des 34. Bundestages am 23. und 24. Mai **1981** in Kiel kam es zur Einführung der **Hallen-Bundesliga** für die **Damen**, und bei den **Herren** wurde am 28./29. März **1987** (37. DHB-Bundestag in Delmenhorst) die **zweigleisige zweite Bundesliga** eingeführt, eine eingleisige erste Bundesliga jedoch abgelehnt (BILLIG, STROTHMANN 1977).

Am 5. Mai 1990 hielt der Deutsche Hockey-Sportverband der DDR seinen achten und letzten ordentlichen Verbandstag ab. Schwerpunktthemen waren die Wende und die Vorbereitung des Zusammenschlusses mit dem DHB. Kritisch setzten sich die Teilnehmer mit der Situation des DDR-Hockey auseinander. Obwohl der Hockeysport in den letzten 20 Jahren kaum noch gefördert worden war, konnte er doch durch die Arbeit der vielen Hockeyspieler und -spielerinnen sowie mit Hilfe der Hockeyfunktionäre aufrecht erhalten werden. Das Spieljahr wurde mit dem des DHB in Übereinstimmung gebracht und eine neue Satzung

---

<sup>29</sup> Zuvor hatte die bundesdeutsche Nationalmannschaft in der Vorrundengruppe A gegen Belgien (5:1), Malaysia (1:0), Spanien (2:1), Frankreich (4:0), Argentinien (2:1), Pakistan (2:1) und Uganda (1:1) gespielt sowie im Halbfinale die Niederlande klar mit 3:0 besiegt.

eingeführt. Auf einem außerordentlichen Verbandstag am 13. Oktober 1990 in Leipzig beschlossen die Teilnehmer dann die Auflösung des DHSV zum 3. November 1990 und die Eingliederung in den DHB. Dieser nahm am 3. November **1990**, ebenfalls auf einem außerordentlichen Bundestag, in Hürth einstimmig die ehemals im DHSV organisierten Vereine auf. Damit war die **Vereinigung der beiden deutschen Hockeyverbände** vollzogen (BILLIG, STROTHMANN 1977).

Heute ist Deutschland neben Indien und Pakistan das im Hockey erfolgreichste Land. Sowohl bei Olympischen Hockeyturnieren als auch bei Welt- und Europameisterschaften befinden sich deutsche Teams in den Medaillenrängen. Durch die internationalen Erfolge der Nationalmannschaft stellte sich eine starke Popularisierung des Hockeyspiels in Deutschland ein. Jüngste Titelerwerbe des Herrenteam im Untersuchungszeitraum waren der Sieg bei der **Europameisterschaft 1991 in Paris** unter dem neuen Bundestrainer Paul Lissek<sup>30</sup> durch einen 3:1 **Finalsieg** über die Niederlande, der **zweimalige Gewinn der Champions-Trophy** in Folge (im September 1991 in Berlin sowie im Februar 1992 in Karachi) und zwanzig Jahre nach dem Erfolg von München der erneute Gewinn der **Goldmedaille** am 8. August durch ein 2:1 im Endspiel gegen Australien bei den **Olympischen Spielen 1992** in Barcelona (Terrassa). In Anlehnung an die erstmals bei Olympischen Spielen zugelassenen Profibasketballer der Vereinigten Staaten von Amerika, die den anderen Nationen bei weitem überlegen waren und allgemein als *Dream-Team*<sup>31</sup> bezeichnet wurden, da sie nahezu schon vor Beginn des Turniers als Olympiasieger feststanden, sprach man in den Medien vom deutschen *Hockey Dream-Team*. Auch die Frauen, die ein Jahr zuvor bei der Champions-Trophy ungeschlagen hinter Australien den zweiten Platz belegt hatten, erreichten in Barcelona das olympische Finale und mussten sich Spanien erst in der Verlängerung mit 1:2 geschlagen geben. Es folgten Erfolge bei der Champions-Trophy, wie der zweite Platz des Herrenteam während der 16. Champions-Trophy in Lahore, wobei Pakistan die deutsche Auswahl am 25. März 1994 erst im Siebenmeterschießen mit 7:6 bezwingen konnte, der Gewinn der 17. Champions-Trophy September/Okttober 1995 in Berlin, der Überraschungserfolg der DHB-Damen, die im Juni 1997 in Berlin erst durch ein „Golden goal“<sup>32</sup> gegen Australien unterlagen, sowie der ebenfalls nicht absehbare Sieg der Herren am 19. Oktober 1997 in Adelaide. Zu einem großen Hockeyfest wurde die Doppel-Weltmeisterschaft von Utrecht, 1998 bei der beide DHB-Teams Bronze holten. Den Weltmeistertitel sicherten sich die Niederlande bei den Herren und Australien im Damenwettbewerb. Nach einem zweiten Platz bei der 22. Champions-Trophy 2000 in Amstelveen (Niederlande) folgte für die Hockey-Herren 2001 in Rotterdam wieder ein Gesamtsieg in diesem beliebten Wettbewerb. Dieser Erfolg wurde 2007 bei der 29. Champions-Trophy in Kuala Lumpur wiederholt.

---

30 Der Limburger Paul Lissek übernahm am 5. Januar 1991 das Amt des Herren-Bundestrainers und löste den auch aus dem Limburger Bereich stammenden Klaus Kleiter ab. Mittlerweile ist Paul Lissek ebenfalls als Bundestrainer zurückgetreten.

31 Dream-Team = Traum-Mannschaft

32 Golden goal = „Goldenes Tor“ (Spielentscheidender Treffer in der Verlängerung eines Spiels, durch den die Begegnung entschieden und beendet wird.)

Auch die Damen belegten 2000 bei der 8. Champions-Trophy in Amstelveen den zweiten Rang. Von 2001 bis 2003 waren die deutschen Hockey-Damen dann aber nicht mehr unter den Champions-Trophy-Teilnehmerinnen. Erst durch einen Sieg beim Qualifikationsturnier 2003 auf Sizilien konnten sie sich wieder für die 12. Champions-Trophy 2004 in Rosario (Argentinien) qualifizieren und schafften es dort auf Platz zwei. Bei der 14. Champions-Trophy 2006 im niederländischen Amstelveen gingen die deutschen Hockey-Damen dann erstmals als Sieger aus diesem Turnier hervor. 2007 – Austragungsort der Champions-Trophy war diesmal Quilmes in Argentinien – belegten die deutschen Frauen Rang drei.

Ein sensationeller Erfolg gelang den **Hockey-Herren 2002** als sie in **Kuala Lumpur** erstmals **Weltmeister** im **Feldhockey** wurden. Mit 2:1 gewann das Team im Finale gegen Australien. Wesentlich schlechter lief es dagegen bei der Feldhockey-Weltmeisterschaft 2002 für die Damen, die sich mit Rang sieben begnügen mussten. Während die **Herren 2006** in **Mönchengladbach** erneut den Gewinn der **Weltmeisterschaft** feiern konnten, warten die Hockey-Damen nun seit 1981 auf einen Weltmeistertitel im Feldhockey. Doch **2004** gelang es ihnen bei den **Olympischen Spielen** in **Athen** (Griechenland) überraschend erstmals die **Goldmedaille** zu erringen. Zeitgleich holten die **Herren** olympisches **Bronze**. Vier Jahre später in **Peking** (China) standen die **Hockey-Herren** dann wieder als **Olympiasieger** ganz oben auf dem Treppchen.

Besonders erfolgreich sind die deutschen Hockeyspieler und -spielerinnen auch auf der europäischen Bühne. Zum vierten Mal in Folge sicherten sich die **Herren 2003** im spanischen **Barcelona** den **Europameistertitel** im **Feldhockey**.<sup>33</sup> Noch besser sieht die Bilanz in der Halle aus, denn seit 1974 ist Deutschland amtierender **Hallen-Europameister**. Zuletzt holten die **Herren** den Titel **2006** in **Eindhoven** (Niederlande). Während bei den Damen die Ausbeute im **Feldhockey** nicht ganz so gut aussieht wie bei ihren männlichen Kollegen (1991 in Brüssel, 1999 in Köln und 2005 in Leipzig wurde jeweils die Vizemeisterschaft errungen, bevor **2007** in **Manchester** endlich der **Titelgewinn** gelang), sind sie im **Hallen-hockey** ähnlich erfolgreich. Mit Ausnahme eines „Ausrutschers“ 1996 in Glasgow, als die Hockeyladies sich mit Platz zwei „begnügen“ mussten, geht der **Hallen-Europameistertitel** seit **1975** an die **deutschen Damen**.<sup>34</sup>

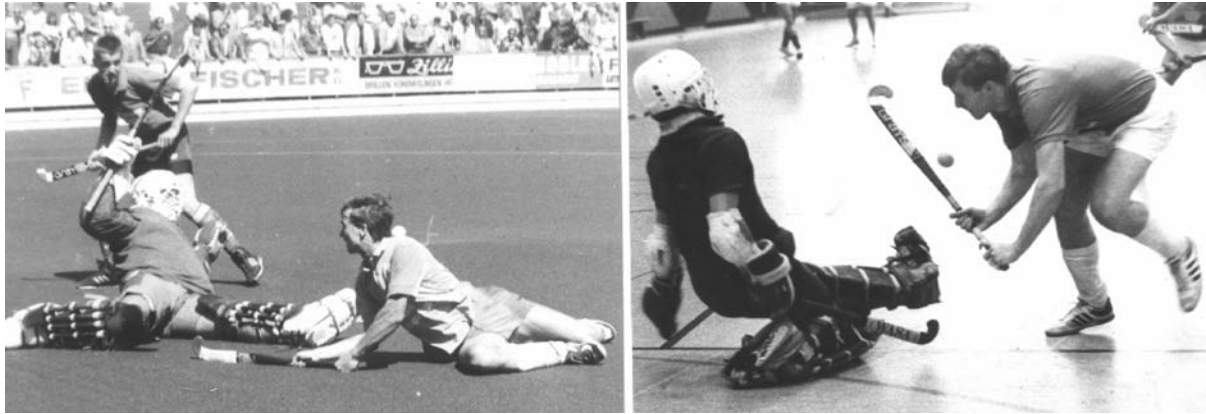
Welchen Stellenwert Hockey mittlerweile genießt zeigt sich daran, dass das Herrenhockey-Nationalteam vom 4. bis 9. April 1995 als Gast des damaligen Bundespräsidenten Roman Herzog in Pakistan war. Erstmals in der bundesdeutschen Geschichte hatte ein Bundespräsident Vertreter einer Mannschaftssportart auf eine offizielle Staatsvisite mitgenommen.

---

<sup>33</sup> Nach dem Gewinn der Feldhockey-Europameisterschaft schickte Deutschland zur 25. Champions-Trophy 2003 in Amstelveen nicht die besten Spieler, sondern nur ein „Perspektivteam“, das sich mit dem sechsten und damit letzten Platz begnügen musste. Ein Jahr zuvor bei der 24. Champions-Trophy in Köln hatten die deutschen Hockey-Herren noch den zweiten Rang belegt.

<sup>34</sup> Weitere Angaben zum Hallenhockey und den Erfolgen deutscher Mannschaften finden sich in den *Kapiteln 2.9 und 2.10*.





**Abb. 5:**

*Modernes Feld- und Hallenhockey: Spielszenen aus Begegnungen des Limburger HC.*

## 2.9 Hallenhockey

Die **Entwicklung** des **Hallenhockey** setzte in Deutschland bereits um die Jahrhundertwende ein und wurde zunächst als mehr oder weniger beliebter Feldhockey-Ersatz betrieben. Da das Spielen auf dem Feld in den Wintermonaten nicht möglich war, kamen in verschiedenen Städten Vereine auf die Idee in Hallen auszuweichen, wobei es zunächst keine festgelegten Spielfeld- und Tormaße gab. Im Dezember 1951 wurde der DHB vom Internationalen Hockey-Verband gebeten, eine Konferenz der am Hallenhockey interessierten Mitgliedsstaaten abzuhalten. Themen der in Hamburg stattfindenden Tagung sollten die Aufnahme des Hallenhockey in den internationalen Spielbetrieb und die Angleichung der verschiedenen Hallenregeln sein. Auf einem außerordentlichen Verbandstag in Bad Homburg am 6. September **1952** wurde in Abstimmung mit der **FIH** beschlossen zukünftig auch offiziell **Hallenhockey** zu spielen. Im Dezember 1954 veröffentlichte der DHB die neuen Hallenregeln, die von der FIH bis auf kleine Änderungen komplett übernommen wurden (BILLIG, STROTHMANN 1977). Als der Welthockey-Verband FIH 1952 eine Stabilisierung der Hallenregeln einleitete und der **DHB** ab **1962** offizielle **Hallenmeisterschaften**<sup>35</sup> für Damen und Herren einführte, entwickelte sich aus der ehemaligen Ersatzbeschäftigung für den Winter ein Sportspiel, das mittlerweile fester Bestandteil jeder Hockeysaison ist. Gerade in der Halle bot sich die Möglichkeit, die indisch-pakistanische Hockeytechnik zu erlernen und einzusetzen (BUDINGER u. Mitarb. 1980). Am 24. und 25. Februar **1962** wurden in **Wuppertal-Heckinghausen** die **ersten Deutschen Hallen-Meisterschaften der Herren**

<sup>35</sup> Die Durchführung von Deutschen Hallenmeisterschaften wurde am 1. Juli 1961 auf dem 24. Bundestag des DHB (der 7. ordentliche nach dem Weltkrieg) beschlossen.

und in **Frankfurt** die der **Damen** ausgetragen. Erster Titelträger bei den Herren war der Berliner HC, und bei den Damen errang die SKG Frankfurt die Meisterschaft. Durch die Einführung der Hallen-Bundesliga ab der Saison 1972/73<sup>36</sup> gewann dieser „Hockeyzweig“ noch mehr an Attraktivität. Ob es im Hockey eine ähnliche Entwicklung wie im Handball – von einer reinen Feldsportart zu einem weitgehend in der Halle betriebenen Spiel – gibt, ist jetzt noch nicht absehbar. Das schnelle und torreiche Hallenhockey ist zwar für Zuschauer attraktiver als Feldhockey, aber die großen Vergleichskämpfe der Nationalmannschaften, wie Olympiaden und Weltmeisterschaften, werden bzw. wurden alle auf dem Feld ausgetragen. Erste internationale Vergleiche in der Halle gab es durch Vereine. So wird seit 1990 der Europa-Cup ausgetragen in dem europäische Landesmeister aufeinander treffen.

Seit 1974 bei den Herren bzw. 1975 bei den Damen kommt es zur Austragung von Europa-meisterschaften in der Halle. Diese internationalen Wettbewerbe werden – wie bereits in *Kapitel 2.8* dargestellt – bisher von den deutschen Mannschaften dominiert.

**2003** fand in **Leipzig** erstmals eine Weltmeisterschaft im **Hallenhockey** für **Herren** und **Damen** statt. Diese erste Hallenhockey-Weltmeisterschaft wurde zu einem doppelten **Triumph** für den **deutschen Hockeysport**, denn sowohl die **Herren** als auch die **Damen** konnten den **Weltmeistertitel** erringen. Nachdem die Hockeydamen die Niederlande im Endspiel mit 5:2 besiegt hatten, gewannen die Herren ihr Finale noch deutlicher, nämlich 7:1, gegen Polen und sicherten so Deutschland die „Doppelweltmeisterschaft“.<sup>37</sup>

Wie auch im Feldhockey existiert für Hallenhockey eine zweigleisige Bundesliga (Gruppe Nord und Gruppe Süd), deren erfolgreichste Teams am Ende jeder Saison in einer Viererrunde<sup>38</sup> den Deutschen Meister ermitteln.

---

<sup>36</sup> Auch hier begann man zunächst mit sechs Mannschaften in zwei Gruppen. Während des 31. DHB-Bundestages am 12./13. April 1975 in Berlin wurde beschlossen die Zahl der Vereine in beiden Gruppen von sechs auf acht zu erhöhen.

<sup>37</sup> Weitere Hinweise auf internationale Erfolge deutscher Mannschaften im Hallenhockey finden sich in den *Kapiteln 2.8* und *2.10*.

<sup>38</sup> Jeweils die beiden Gruppenersten und -zweiten qualifizieren sich für die Meisterschaftsendlrunde.

## 2.10 Internationale Erfolge deutscher Mannschaften

Die folgenden Angaben stammen weitgehend aus BILLIG, STROTHMANN (1977) und DETMER, MEYER (1992) sowie weiteren eigenen Recherchen beim DHB.

### Herren

<i>Olympische Spiele (Feldhockey)</i>		
<b>Gold</b>	<b>Silber</b>	<b>Bronze</b>
1972 in München	1936 in Berlin	1928 in Amsterdam
1992 in Barcelona	1984 in Los Angeles	1956 in Melbourne
2008 in Peking	1988 in Seoul	2004 in Athen

<i>Weltmeisterschaften (Feldhockey)</i>		
<b>Weltmeister</b>	<b>Vizeweltmeister</b>	<b>Dritter Platz</b>
2002 in Kuala Lumpur	1981/1982 in Bombay	1973 in Amsterdam
2006 in Mönchengladbach		1975 in Kuala Lumpur
		1986 in London
		1998 in Utrecht

<i>Weltmeisterschaften (Hallenhockey)</i>		
<b>Weltmeister</b>	<b>Vizeweltmeister</b>	<b>Dritter Platz</b>
2003 in Leipzig (1. Hallenhockey-Weltmeisterschaft)		
2007 in Wien		

<i>Europameisterschaften (Feldhockey)</i>		
<b>Europameister</b>	<b>Vizeeuropameister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1970 in Brüssel	1974 in Madrid	1983 in Amstelveen
1978 in Hannover	2009 in Amsterdam	1987 in Moskau
1991 in Paris		2005 in Leipzig
1995 in Dublin		
1999 in Padua		
2003 in Barcelona		

<b><i>Europameisterschaften (Hallenhockey)</i></b>		
<b>Europameister</b>	<b>Vizeeuropameister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1974 in Berlin		
1976 in Arnheim		
1980 in Zürich		
1984 in Edinburgh		
1988 in Wien		
1991 in Birmingham		
1994 in Bonn		
1997 in Ljeban		
1999 in Slagelse		
2001 in Luzern		
2003 in Santander		
2006 in Eindhoven		

<b><i>Champions-Trophy (Feldhockey)</i></b>		
<b>Sieger</b>	<b>Zweiter Platz</b>	<b>Dritter Platz</b>
1986 8. Champions-Trophy in Karachi	1980 2. Champions-Trophy in Karachi	1981 3. Champions-Trophy in Karachi
1987 9. Champions-Trophy in Amstelveen	1993 15. Champions-Trophy in Kuala Lumpur	1983 5. Champions-Trophy in Karachi
1988 10. Champions-Trophy in Lahore	1994 16. Champions-Trophy in Lahore	1985 7. Champions-Trophy in Perth
1991 13. Champions-Trophy in Berlin	2000 22. Champions-Trophy in Amstelveen	1989 11. Champions-Trophy in Berlin
1992 14. Champions-Trophy in Karachi	2002 24. Champions-Trophy in Köln	1990 12. Champions-Trophy in Melbourne
1995 17. Champions-Trophy in Berlin	2006 28. Champions-Trophy in Tenrassa	1996 18. Champions-Trophy in Madras
1997 19. Champions-Trophy in Adelaide		
2001 23. Champions-Trophy in Rotterdam		
2007 29. Champions-Trophy in Kuala Lumpur		

## Damen

<i>Olympische Spiele (Feldhockey)</i>		
<b>Gold</b>	<b>Silber</b>	<b>Bronze</b>
2004 in Athen	1984 in Los Angeles	
	1992 in Barcelona	

<i>Weltmeisterschaften (Feldhockey)</i>		
<b>Weltmeister</b>	<b>Vizeweltmeister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1976 in Berlin	1971 in Auckland (IFWHA-Weltmeisterschaft)	1974 in Mandelieu
1981 in Buenos Aires	1978 in Madrid	1998 in Utrecht
	1979 in Vancouver (IFWHA-Weltmeisterschaft)	
	1986 in Amstelveen	

<i>Weltmeisterschaften (Hallenhockey)</i>		
<b>Weltmeister</b>	<b>Vizeweltmeister</b>	<b>Dritter Platz</b>
2003 in Leipzig (1. Hallenhockey-Weltmeisterschaft)		

<i>Europameisterschaften (Feldhockey)</i>		
<b>Europameister</b>	<b>Vizeeuropameister</b>	<b>Dritter Platz</b>
2007 in Manchester	1991 in Brüssel	1984 in Lille
	1999 in Köln	1995 in Amstelveen
	2005 in Leipzig	2003 in Barcelona
	2009 in Amsterdam	

<i>Europameisterschaften (Hallenhockey)</i>		
<b>Europameister</b>	<b>Vizeeuropameister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1975 in Arras	1996 in Glasgow	
1977 in Brüssel		
1981 in Berlin		
1985 in London		
1987 in Bad Neuenahr		
1990 in Elmshorn		
1993 in London		
1998 in Orense		
2000 in Wien		
2002 in Les Ponts de Ce		
2004 in Eindhoven		
2006 in Eindhoven		
2008 in Almeria		

<i><b>Champions-Trophy (Feldhockey)</b></i>		
<b>Sieger</b>	<b>Zweiter Platz</b>	<b>Dritter Platz</b>
2006 14. Champions-Trophy in Amstelveen	1991 3. Champions-Trophy in Berlin	1989 2. Champions-Trophy in Frankfurt am Main
	1997 6. Champions-Trophy in Berlin	1993 4. Champions-Trophy in Amstelveen
	2000 8. Champions-Trophy in Amstelveen	1999 7. Champions-Trophy in Brisbane
	2004 12. Champions-Trophy in Rosario	2007 15. Champions-Trophy in Quilmes

## Junioren

<i><b>Weltmeisterschaften (Feldhockey)</b></i>		
<b>Weltmeister</b>	<b>Vizeweltmeister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1982 in Kuala Lumpur	1979 in Versailles	1997 in Milton Keynes
1985 in Vancouver	2009 in Jahor Bahru	2001 in Hobart
1989 in Ipoh		
1993 in Terrassa		

<i><b>Europameisterschaften (Feldhockey)</b></i>		
<b>Europameister</b>	<b>Vizeeuropameister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1977 in Folkestone	1996 in Vejle	1976 in Hamburg
1981 in Barcelona	2000 in Madrid	1978 in Dublin
1984 in Rom	2002 in Lausanne	1992 in Vught
1988 in Santander		
1998 in Poznan		

## Juniorinnen

<i><b>Weltmeisterschaften (Feldhockey)</b></i>		
<b>Weltmeister</b>	<b>Vizeweltmeister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1989 in Ottawa		1993 in Terrassa

<i><b>Europameisterschaften (Feldhockey)</b></i>		
<b>Europameister</b>	<b>Vizeeuropameister</b>	<b>Dritter Platz</b>
1977 in Wien	1978 in Celle	2002 in Alcala La Real
1979 in Düsseldorf	1981 in Barcelona	
1988 in Paris	1984 in Dundee	
1992 in Edinburgh		
1996 in Cardiff		
1998 in Belfast		

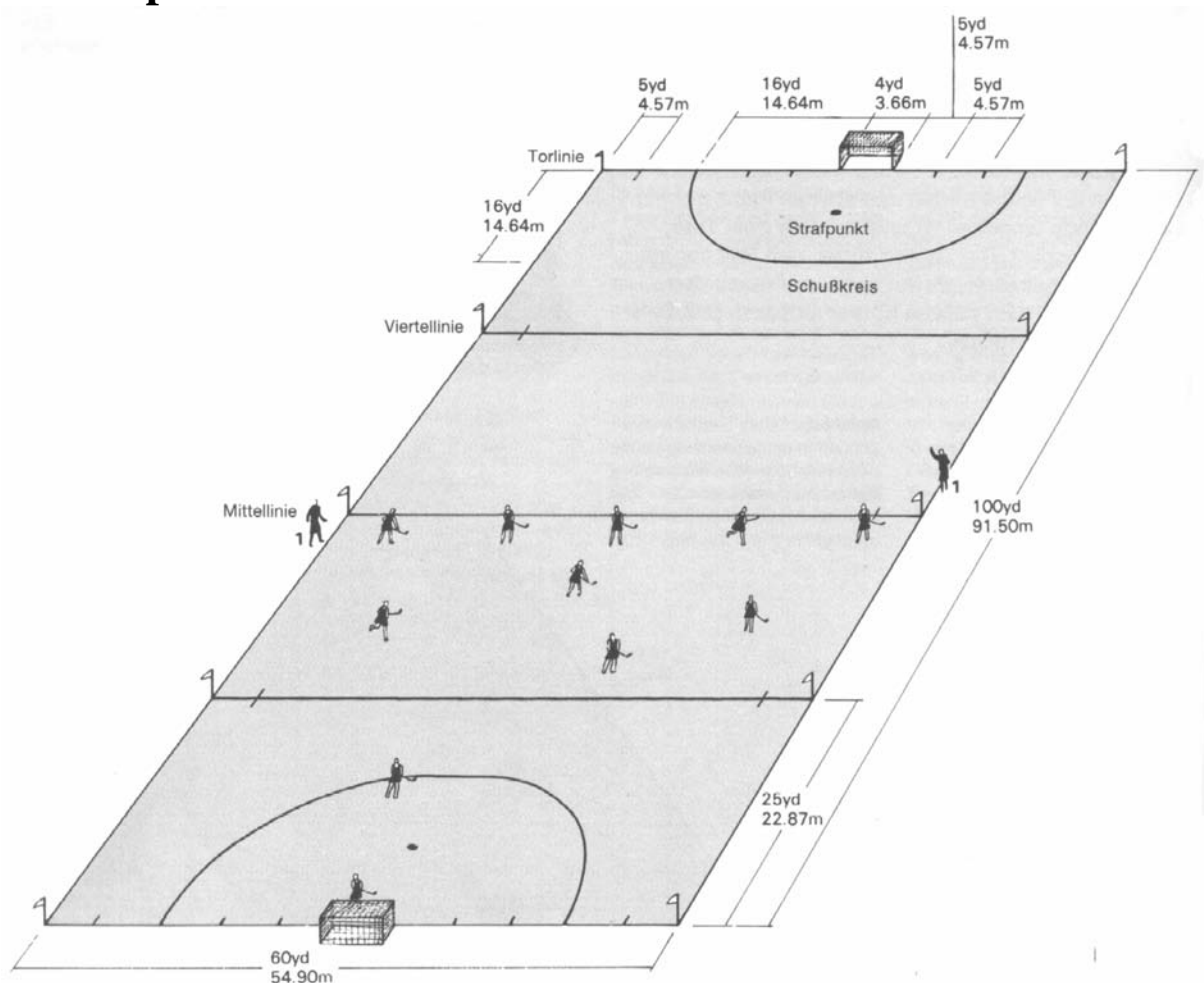
## 3 Hockey – Spielfeld, Regeln und Gerät

**Spielgedanke:** Hockey ist ein Mannschafts- und Kombinationsspiel für Männer und Frauen, bei dem es Ziel ist, einen kleinen Ball mittels eines Hockeyschlägers in das gegnerische Tor zu schlagen. Sieger ist schließlich das Team, das die meisten Tore erzielt hat. Allgemein wird zwischen Feld- und Hallenhockey unterschieden.

Die folgenden Angaben zu Regeln, Spielfeld und Gerät beim Hockey entstammen alle entweder den Regelheften 1999 des DHB für Feld- und Hallenhockey oder WEHLEN (1972) sowie DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. (1974).

### 3.1 Feldhockey

#### 3.1.1 Spielfeld

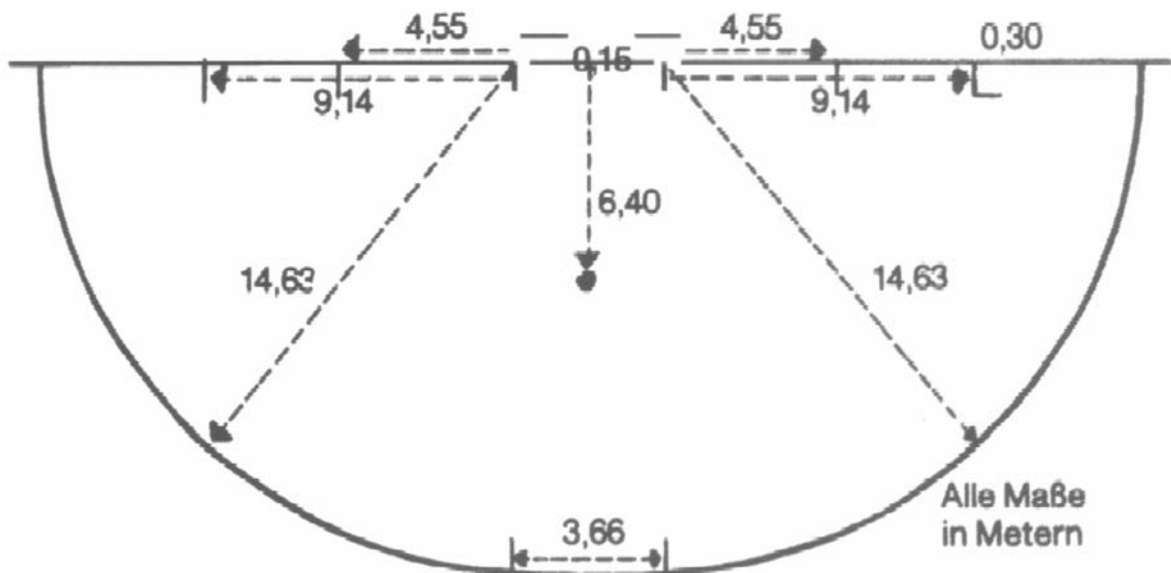


**Abb. 6:**

*Das Spielfeld beim Feldhockey aus DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. (1974).*

Das **Spielfeld** hat eine Größe von 60 \* 100 Yards, das sind 54,90 \* 91,50 m (55,00 m \* 91,40 nach den DHB-Regeln), und muss deutlich durch weiße Linien begrenzt sein. Alle Linien müssen eine Breite von 7,50 Zentimetern haben und durchgehend markiert sein; sie sind Teil des Spielfeldes. Neben den beiden Seiten- und Grundlinien gibt es noch die Mittellinie und zwei Viertellinien, die alle quer über das Spielfeld verlaufen, sowie mehrere kürzere Linien, die unterschiedliche Funktionen haben.

Innerhalb des Spielfeldes wird vor jedem Tor eine 3,66 Meter lange Linie gezogen, die parallel zur Torlinie verläuft und deren zur Mittellinie gelegene Seite 14,63 Meter von der Außenseite der näher gelegenen Grundlinie entfernt sein muss. Diese Linien werden an beiden Enden bis zur näheren Grundlinie durch Viertelkreise verlängert, deren jeweiliger Mittelpunkt die Vorderkante des jeweils nächstgelegenen Torpfostens ist. Diese durch die Linien und die Grundlinien umschlossenen Teile des Spielfeldes – einschließlich der Linien selbst – sind die beiden **Schusskreise**.



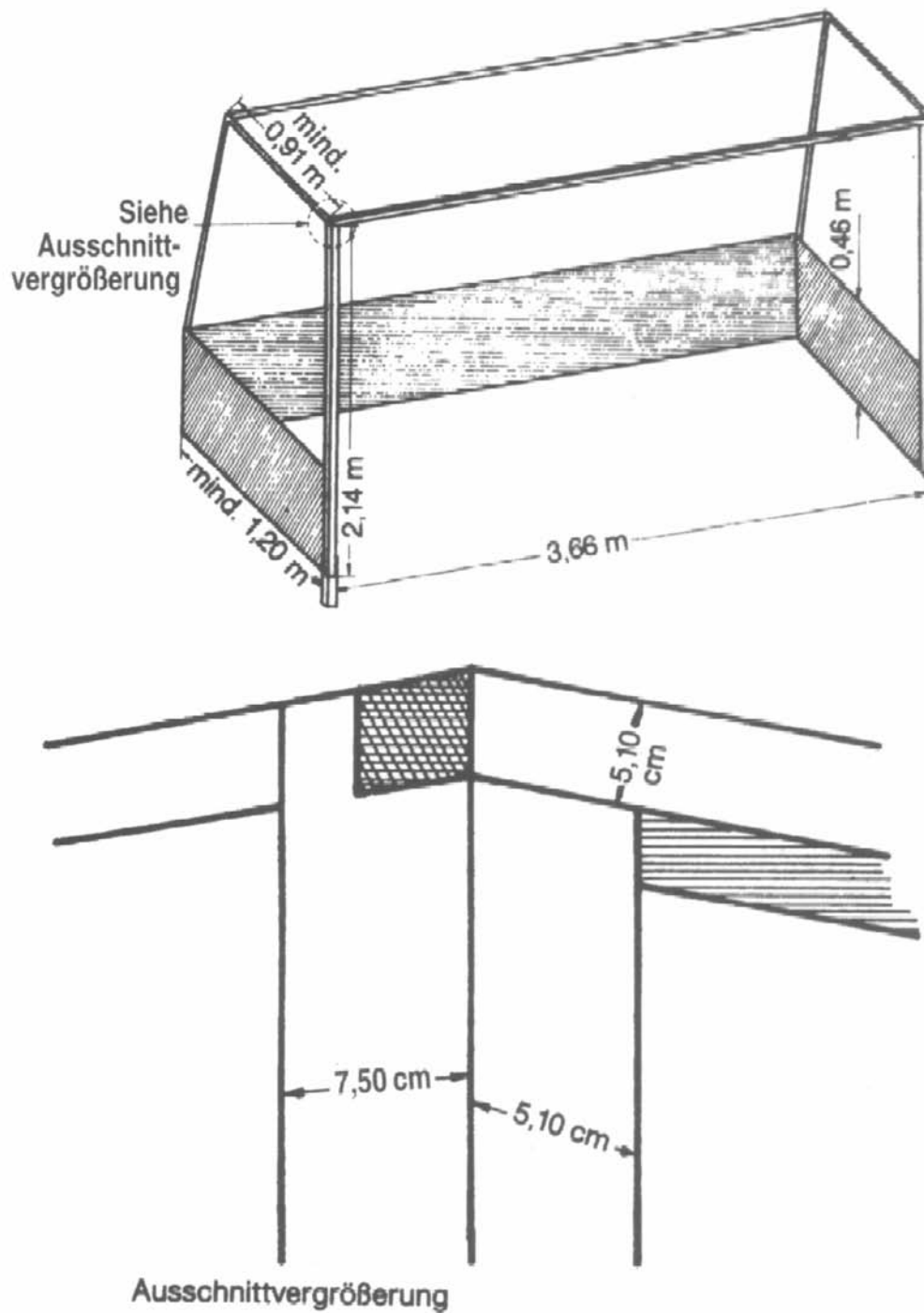
**Abb. 7:**

*Der Schusskreis ist eine der wichtigsten Zonen des Hockeyfeldes. Die Abbildung des Schusskreises stammt aus den DHB-Regeln (1999a).*

Die **Tore** stehen jeweils in der Mitte der beiden Grundlinien. Torpfosten und Querlatte müssen weiß und rechteckig sein. Sie sind 5,10 Zentimeter breit und 7,50 Zentimeter tief. Die Torpfosten müssen senkrecht zur Grundlinie stehen und 3,66 Meter (inneres Maß) voneinander entfernt sein. Weiterhin ist vorgegeben, dass sie mit der Außenseite der Grundlinien abschließen und auf den dafür vorgesehenen Markierungen stehen. Die Höhe des Tores liegt bei 2,14 Metern (inneres Maß). Seitlich und hinten sind an den Toren sogenannte Torbretter befestigt. Diese müssen 46 Zentimeter hoch sein, auf dem Boden stehen und dunkel



gestrichen sein. Ihre Mindestlänge beträgt 1,20 Meter. Die seitlichen Torbretter befinden sich im rechten Winkel zur Grundlinie und sind mit den Torpfosten sowie den Enden des hinteren Torbrettes, das eine Länge von 3,66 Metern hat, verbunden. An den Torpfosten, der Querlatte und den Torbrettern ist dann noch das Tornetz befestigt, das so angebracht sein muss, dass ein Zurückspringen des Balles verhindert wird. Die Maschenweite darf nicht größer als 4,50 Zentimeter sein.



**Abb. 8:**

*Aufbau eines Feldhockeytores nach den DHB-Regeln (1999a).*

### 3.1.2 Regeln

#### *Fachbegriffe:*

**Spielen des Balles:** Dies bedeutet, den Ball anzuhalten, abzulenken oder mit dem Stock fortzubewegen, für Torwarte darüber hinaus, ihn in ihrem Schusskreis mit den Schienen oder Kickern fortzubewegen oder mit der Hand bzw. irgendeinem Körperteil abzulenken.

**Schlagen:** Ein Schlag ist durch eine schwingende Bewegung des Stockes zum Ball gekennzeichnet.

**Schieben:** Ein Schieball ist dadurch gekennzeichnet, dass der Stock nahe zum Ball gebracht und die Kugel dann auf dem Boden entlang bewegt wird, wobei sowohl der Ball als auch die Keule des Stockes Bodenkontakt haben.

**Schlenzen:** Kennzeichen eines Schlenzballs ist, dass der Ball mit einer Bewegung ähnlich dem Schieben absichtlich hoch gespielt wird.

**Heben:** Ein Hebeball ist dadurch gekennzeichnet, dass der ruhende oder langsam rollende Ball mit einer „Schaufelbewegung“ absichtlich hoch gespielt wird.

**Torschuss:** Ein Torschuss ist jeder Schlag, Schiebe-, Schlenz- oder Hebeball eines Angreifers im gegnerischen Schusskreis auf das Tor.

**Spielbare Entfernung:** Die spielbare Entfernung ist die Distanz eines Spielers zum Ball, in der er in der Lage ist, diesen zu spielen.

**Spielverzögerung:** Eine Spielverzögerung ist alles was dazu beiträgt, dass die Wiederaufnahme oder Fortsetzung des Spieles in angemessener Zeit verhindert wird.

**Gefährliches Spiel:** Hierunter ist jede Aktion eines Spielers zu verstehen, die für ihn selbst oder für irgendeinen anderen Spieler gefährlich ist oder zu einer gefährlichen Situation führen kann.

**Schlechtes Benehmen:** Zu schlechtem Benehmen zählen rohes oder gefährliches Spiel, jede Art von Zeitverzögerung, absichtliche Regelverstöße und jedes ungebührliche Verhalten.

**Offizielle:** Zwei **Schiedsrichter** leiten das Spiel. Jeder Schiedsrichter kontrolliert in erster Linie das Spiel in „seiner“ Hälfte. Hinzu kommen noch ein oder zwei **Zeitnehmer**.

Beim Feldhockey besteht jede **Mannschaft** aus 16 Spielern, von denen sie höchstens elf Spieler gleichzeitig auf dem Spielfeld haben darf. In einer Begegnung darf jede Mannschaft bis zur Höchstzahl von 16 Spielern wechseln. Es gibt keine Begrenzung, wieviele Spieler gleichzeitig gewechselt werden dürfen und wie oft ein Spieler ein- oder ausgewechselt werden kann.

Die **Spieldauer** beträgt zweimal 35 Minuten. In der Halbzeitpause, die fünf bis zehn Minuten beträgt, wechseln beide Mannschaften die Seiten. Kommt es zu einer Verletzung, so wird das Spiel unterbrochen und die verlorene Zeit am Ende nachgeholt.

Die Spieler dürfen den Ball nur mit der flachen Seite des Schlägers spielen. Lediglich der Torwart kann in seinem Kreis den Ball mit dem Fuß bzw. jedem anderen Körperteil stoppen und darf ihn auch wegschießen.

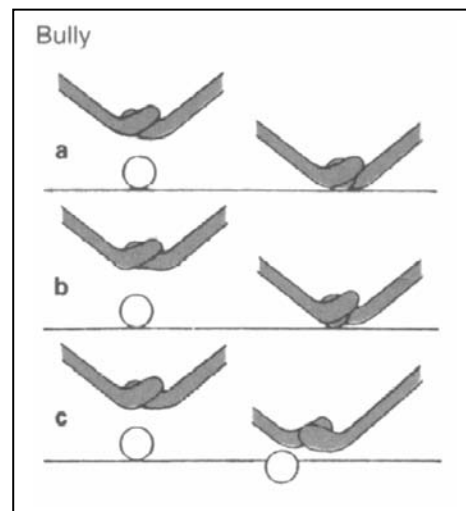
Der **Mittelanstoß** ist ein Schiebekball oder Schlag von der Spielfeldmitte, bei dem der Ball in jede Richtung gespielt werden kann. Beim Anstoß befinden sich alle Spieler jedes Teams in ihrer Spielhälfte. Das Spiel beginnt mit einem Passspiel, wobei der Ball vom Mittelpunkt aus in jede Richtung geschoben oder geschlagen werden darf. Gleiches wiederholt sich nach der Halbzeit und nach jedem Tor. Anders als beim Fußball darf der Ball also nicht nach vorne über die Mittellinie gespielt werden. Alle Spieler der gegnerischen Mannschaft müssen beim Anstoß 4,57 m von der Mittellinie entfernt sein.

Ein **Tor** ist erzielt, wenn der Ball mit vollem Umfang die Torlinie überschritten hat und der Schuss innerhalb des Schusskreises abgegeben wurde. Kommt der Schuss von außerhalb des Kreises, so gilt der Treffer nur, wenn der Ball im Kreis noch von einem Spieler berührt wurde, bevor er die Torlinie überschritten hat. Sollte bei einem Angriff das Tor verschoben werden, entscheidet der Schiedsrichter, ob es ein Treffer war oder nicht. Ein Tor muss ebenfalls verhängt werden, wenn der Torwart bei der Abwehr eines 7-m-Balles durch einen Regelverstoß ein Tor verhindert.

Es ist dem Torhüter erlaubt, den Ball mit dem Fuß zu spielen oder ihn mit irgendeinem Körperteil anzuhalten, jedoch nur während sich der Ball innerhalb seines Schusskreises befindet.

**Freischläge** werden sowohl bei einem Regelverstoß eines Spielers außerhalb seiner Viertellinie als auch bei einem unabsichtlichen Verstoß gegen die Regeln innerhalb der Viertellinie (jedoch außerhalb des Schusskreises) verhängt. Sie sind an der Stelle auszuführen, an der die Regelwidrigkeit begangen wurde. Bei der Ausführung des Freischlags muss der Ball ruhig liegen und mit einem erlaubten Schlag<sup>39</sup> gespielt werden. Mit Ausnahme des ausführenden Spielers müssen alle anderen Teilnehmer mindestens 4,57 Meter<sup>40</sup> Abstand halten. Der Ausführende darf den Ball anschließend erst wieder spielen, wenn ihn ein anderer Spieler berührt hat. Wenn ein Angreifer und Verteidiger zugleich ein Foul begehen gibt es ein **Bully**.

Beim Bully (*Abb. 9, rechts*)<sup>41</sup> stehen sich die Spieler parallel zur Seitenlinie gegenüber, mit der rechten Seite zu ihrer eigenen Grundlinie. Der Ball liegt zwischen den beiden Spielern auf dem Boden; jeder berührt dann mit dem Schläger den Boden auf seiner Seite des Balls, dann mit der Flachseite den Schläger des gegnerischen Spielers über dem Ball. Dieser Vorgang wird dreimal wiederholt, dann muss einer der beiden Kontrahenten den Ball spielen. Bevor der Ball ins Spiel gebracht worden ist, müssen alle anderen Spieler mindestens fünf Meter vom Ball entfernt sein. Kein Bully darf näher als in einem Abstand von mindestens 14,63 Metern vor der Grund- bzw. Torlinie ausgeführt werden.



<sup>39</sup> Im Männerhockey ist der „Schaufel-Schlag“ verboten.

<sup>40</sup> WEHLEN (1972) nennt 4,55 Meter als Mindestabstand.

<sup>41</sup> Abbildung 9 ist aus DIAGRAMM VISUAL INFORMATION LTD. (1974) entnommen.

Doch nicht nur bei einem gleichzeitigen Regelverstoß beider Mannschaften, sondern auch wenn der Ball, der sich im laufenden, nicht unterbrochenen Spiel befindet, ausgetauscht werden muss, gibt es ein Bully. Ebenso wenn die Spielzeit wegen einer Verletzung oder aus einem anderen Grund angehalten worden ist und das Spiel nicht mit einer Spielstrafe, einem Einschiebeball, Abschlag oder Mittelanstoß fortgesetzt wird. Weiterhin gibt es ein Bully wenn sich der Ball in einer Torwartschiene oder der Kleidung eines Torwartes, Feldspielers oder Schiedsrichters verfangen hat.

**Ball im Aus:** Jeder Ball, der die Seiten- oder Torauslinien überschreitet, ohne dass ein Tor erzielt wurde, führt zur Spielunterbrechung.

**„Behind“:** Hat der Ball die Torlinie überschritten, ohne dass ein Tor gefallen ist, dann gibt es drei Möglichkeiten der Spielfortsetzung: 1. *Freischlag* aus 14,5 Metern Entfernung von der Stelle, wo der Ball ins Aus ging, falls er zuletzt von einem Angreifer berührt wurde oder von jenseits der Viertellinie absichtslos von einem Verteidiger; 2. *Ecke*, wenn ein Verteidiger ihn innerhalb der Viertellinie absichtslos über die Linie befördert; 3. *Strafecke*, wenn ein Verteidiger den Ball mit Absicht über die Torauslinie schlägt.

**Seitenlinienaus:** Geht der Ball vollständig über die Seitenauslinie, so wird er an der gleichen Stelle wieder von der gegnerischen Partei – die nicht für das „Seiten-Aus“ verantwortlich war – mit einem **Einschlag** zurück ins Spiel gebracht. Der Ausführende braucht sich weder vollständig innerhalb noch vollständig außerhalb des Spielfeldes zu befinden.

Eine **Ecke** wird von einem Spieler der angreifenden Mannschaft nicht weiter als fünf Meter<sup>42</sup> von der Eckfahne entfernt ausgeführt, und zwar auf der Seite, wo der Ball ins Aus ging. Fünf Verteidiger stehen hinter der Torlinie. Die anderen Verteidiger müssen jenseits der Mittellinie sein, bis die Ecke gespielt wurde. Die Angreifer müssen sich außerhalb des Schusskreises aufhalten. Kein Angreifer darf direkt auf das Tor schießen; der Ball muss zuvor von einem Mitspieler gestoppt oder von einem Verteidiger berührt werden.

Zur einer **Strafecke** kommt es, wenn die Verteidigung den Ball absichtlich ins Toraus spielt, ein Foul im Schusskreis begeht<sup>43</sup> oder innerhalb der Viertellinie absichtlich foult. Strafecken können überall auf der Torlinie ausgeführt werden, jedoch muss der Abstand vom Torpfosten mindestens 9,14 Meter betragen. Bei einer Strafecke dürfen nicht mehr als fünf Verteidiger hinter der Torlinie stehen.

Ein **Strafstoß (Strafschuss)** ist ein Schiebe-, Schlenz- oder Hebeball vom Siebenmeterpunkt (korrekt 7,31 Meter). Der Strafstoß wird gegeben, wenn ein Verteidiger im Schusskreis ein absichtliches Foul begeht oder aber ein unabsichtliches Foul, durch das ein Tor verhindert wird. Gleiches gilt für ständiges und absichtliches Verletzen der Regeln bei Strafecken. Der Strafstoß wird von einem Angreifer vom Strafpunkt aus ausgeführt. Der Schütze darf dabei einen Schritt nach vorn machen, um den Ball besser spielen zu können. Er hat nur einen Schuss<sup>44</sup> und darf nachher nicht auf das Tor zugehen. Der Torwart darf seinen Schläger nicht

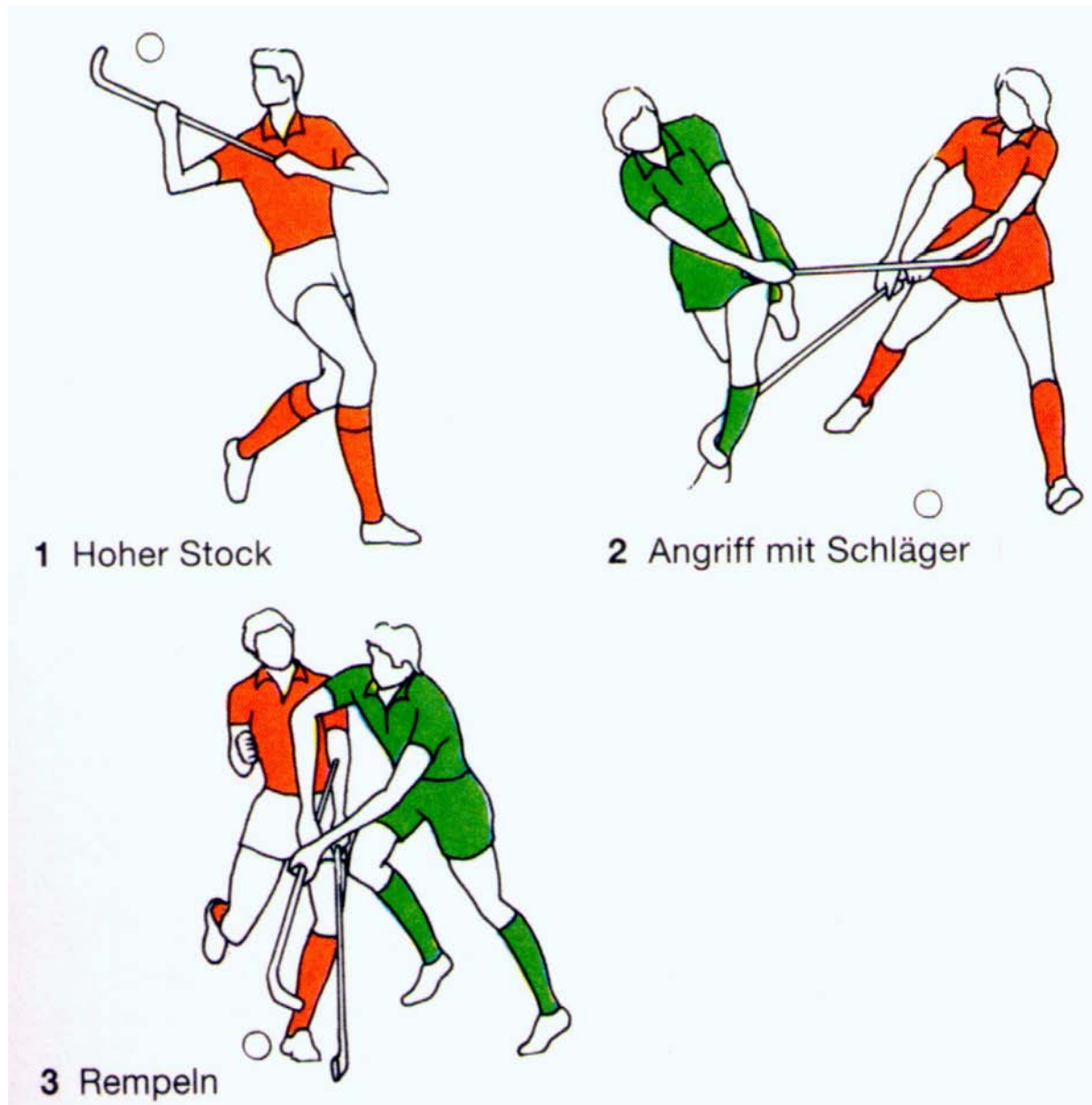
---

<sup>42</sup> In DIAGRAMM VISUAL INFORMATION LTD. (1974) ist von 4,57 Meter die Rede.

<sup>43</sup> Es könnte je nach Situation jedoch auch einen Strafstoß oder Bully geben.

<sup>44</sup> Der Ball darf nur geschlenzt oder geschoben werden.

über Schulterhöhe heben, die Torlinie verlassen oder seine Füße bewegen, bis der Ball gespielt ist. Alle anderen Spieler müssen sich hinter die Viertellinie zurückziehen. Geht der Schuss aus dem Kreis heraus, gilt der Strafstoß als beendet. Wenn kein Tor erzielt wird, oder begeht ein Angreifer einen Regelverstoß, dann wird das Spiel mit Freischlag vor dem Tor wieder aufgenommen.



**Abb. 10:**

*Drei Situationen, die ein Foulspiel zeigen aus DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. (1974).*

**Fouls:** Es gilt als Foulspiel (Abb. 10, 1-3), wenn man den Schläger über Schulterhöhe<sup>45</sup> hält [1], den Gegner mit dem Schläger angreift [2], rempelt [3] und festhält. Außerdem ist es

<sup>45</sup> Weder zu Beginn noch bei Beendigung eines Schlages darf der Stock über Schulterhöhe gehoben werden. Auch darf kein Ball in der Luft über Schulterhöhe mit irgendeinem Teil des Hockeyschlägers angehalten werden. Dies gilt ansonsten als Stockfehler und wird von den Schiedsrichtern bestraft.

unzulässig den Gegner mit Schläger oder Körper zu behindern, den Ball mit der runden Seite des Schlägers zu spielen, ohne Schläger ins Spiel einzugreifen, sowie den Ball in gefährlicher Weise zu spielen, ihn mit dem Körper am Boden oder in der Luft zu stoppen<sup>46</sup>, aufzuheben, zu treten, zu werfen oder zu schleudern, es sei denn mit dem Schläger<sup>47</sup>. Weitere Regelverstöße sind Fußfehler, Handfehler, Körperfehler, Sperren, Stockfehler, körperliches Spiel, absichtliche Spielverzögerung etc.

Der Ball darf weder aufgehoben, getreten, geworfen, getragen, noch auf irgendeine Weise oder in irgendeine Richtung bewegt werden außer mit dem Schläger. Es ist jedoch erlaubt, den Ball mit der Hand zu stoppen. Ansonsten darf er weder am Boden noch in der Luft absichtlich mit irgendeinem Körperteil angehalten werden. Wird der Ball mit der Hand gefangen, muss er aber sofort losgelassen werden. Weiterhin ist es verboten den Ball zu schneiden, noch auf solche Art zu spielen, die entweder an sich gefährlich oder geeignet ist, zu gefährlichem Spiel zu führen. Ein Schlenzball, bei dem der Ball steigt, ist jedoch zulässig. Voraussetzung ist aber, dass kein anderer Spieler gefährdet wird. Der Ball darf dann auch in der Luft gespielt werden.

Die Schiedsrichter haben zusätzlich zu den entsprechenden Spielstrafen die Möglichkeit einen Spieler zu ermahnen, durch Zeigen der grünen Karte zu warnen, durch Zeigen der gelben Karte für mindestens fünf Minuten vom Spiel auszuschließen oder durch Zeigen der roten Karte ihn auf Dauer vom Spiel auszuschließen. Ein auf Zeit hinausgestellter Spieler muss sich beim Zeitnehmer melden, der ihm den Zeitpunkt bekannt gibt, wann er wieder am Spielbetrieb teilnehmen darf. Ein ausgeschlossener Spieler darf nicht durch einen Austauschspieler ersetzt werden.

Ein Spieler befindet sich im **Abseits**, wenn er in der gegnerischen Hälfte ist und ein Mitspieler, der von der Torlinie weiter als er selber entfernt ist, den Ball spielt, und wenn zwischen ihm und der Torlinie weniger als zwei Verteidiger stehen. Ein Spieler im Abseits wird nur bestraft, wenn er einen Vorteil daraus zieht. Ein Abseits wird mit einem Freischlag für den Gegner am selben Platz bestraft.

### 3.1.3 Gerät

Der **Hockeyschläger** ist auf der linken Seite – mit Ausnahme des Griffstückes – abgeflacht. Auf der rechten Seite ist er abgerundet. Es darf nur die flache Seite des Stockes zum Spielen des Balles benutzt werden. Das Ende bzw. die Keule muss gebogen sein und besteht aus Holz. Weiterhin darf die Keule keinen Eisenbeschlag, scharfe Ecken oder Kerben aufweisen, das heißt, sie muss gerundete Kanten haben. Auch darf sie keine eingearbeiteten Hohlräume, Auszackungen oder zusätzliche Ausstattungen haben. Der gebogene Teil darf nicht länger

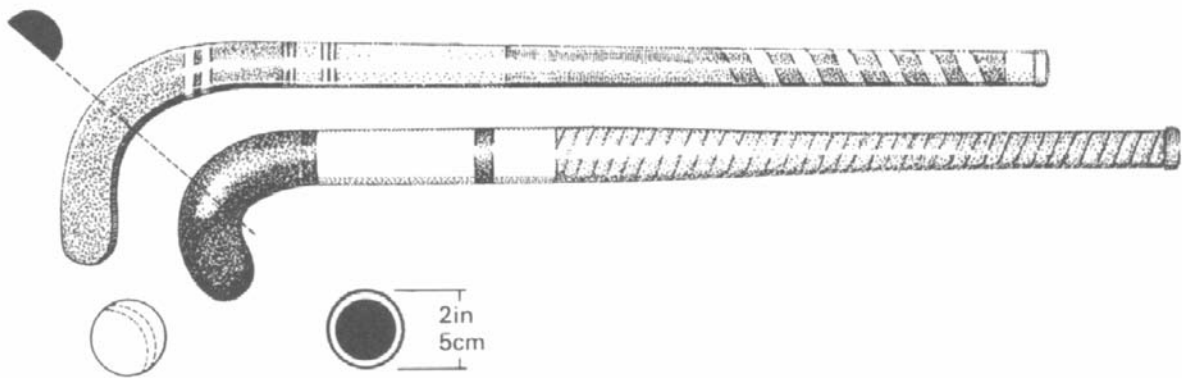
---

<sup>46</sup> Der Ball darf aber mit den Händen gestoppt werden.

<sup>47</sup> Jegliches Schlagen, Haken, Stoßen nach dem Schläger, Festhalten desselben sowie jeder weitere Einwirkung auf den Hockeystock des Gegners sind verboten.

als zehn Zentimeter sein, gemessen vom tiefsten Punkt der Keule parallel zum Griffstück. Der Stock darf im Durchmesser – inklusive Binde – nicht dicker als fünf Zentimeter<sup>48</sup> sein. Das Schlägergewicht liegt bei Männern zwischen 340 und 794 Gramm, während bei Frauen der Schläger höchstens 652 Gramm wiegen darf (DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. 1974).<sup>49</sup>

Der **Ball** ist überlicherweise – aber nicht zwingend – weiß, meist aus Kork und Zwirn mit Leder überzogen. Er kann fest oder hohl sein. Auch PVC- und ähnliche Überzüge sind zulässig. Seine Oberfläche muss glatt sein, darf jedoch eine Naht oder Kerben haben. Das Gewicht liegt zwischen 156 und 163 Gramm, bei einem Umfang von 22,40 bis 23,50 Zentimetern, was einem Durchmesser von etwa 7,2 Zentimetern entspricht.



**Abb. 11:**

*Hockeyschläger und -ball aus DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. (1974).*

**Spielkleidung:** Bei den Männern besteht die Sportkleidung aus Hemden, kurzen Shorts, Socken und Sportschuhen, während die Frauen statt der Shorts Röcke tragen. Es sind keine gefährlichen Teile wie Stiefel mit Metallkappen, Spikes oder Nägel erlaubt. Feldspielern wird dringend empfohlen, Schienbein- und Knöchelschützer sowie einen Mundschutz zu tragen.

Der Torwart muss, über jeglichem Oberkörperschutz, Spieloberbekleidung tragen, deren Farbe sich von der seiner eigenen und der gegnerischen Mannschaft unterscheidet. Er hat eine Gesichtsmaske [1] bzw. einen Kopfschutz<sup>50</sup> zu tragen sowie nach Wahl auch gepolsterte Handschuhe (Torwarthandschutz)<sup>51</sup> [2], Brustschutz, Schutzschuhe (Kicker), Beinschützer

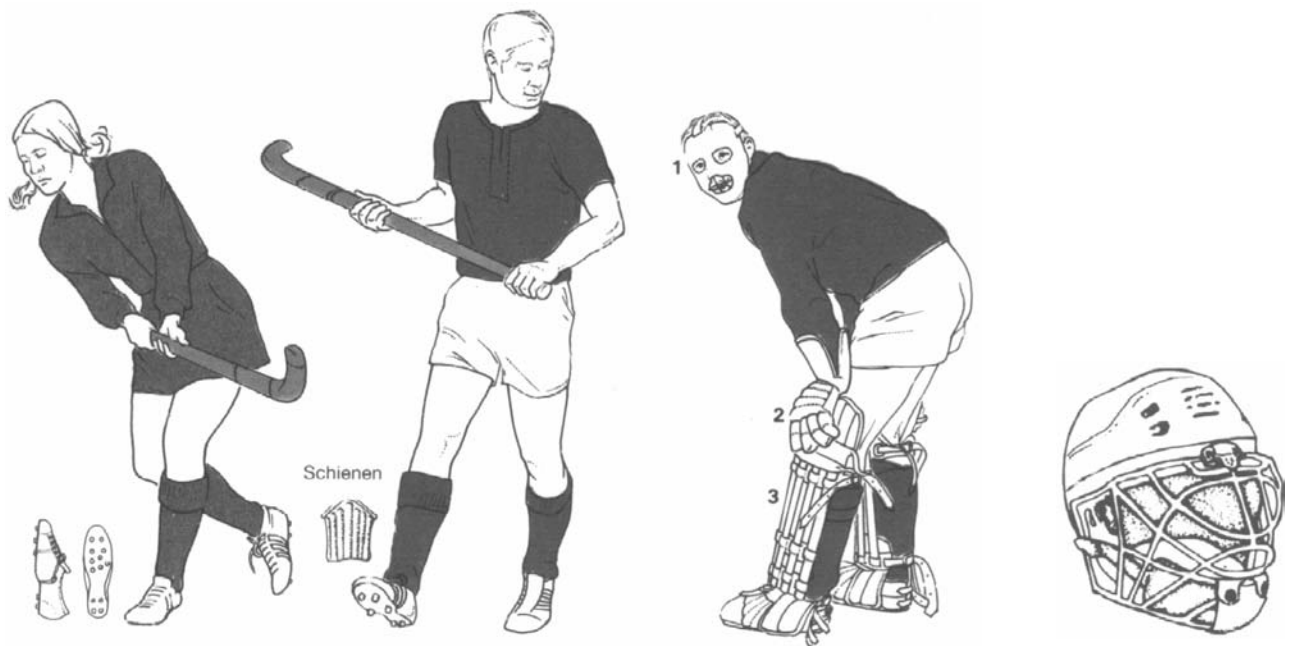
<sup>48</sup> In den DHB-Regeln (1999a) wird ein Durchmesser von 5,10 Zentimetern genannt.

<sup>49</sup> In den DHB-Regeln (1999a) wird nichts über einen Gewichtsunterschied bei Schlägern von Männern und Frauen ausgesagt. Es ist nur angegeben, dass der Stock nicht mehr als 737 Gramm wiegen darf.

<sup>50</sup> Es wird dringend ein Schutzhelm empfohlen, der das Gesicht vollständig schützt und den gesamten Kopf einschließlich Hinterkopf und Kehlkopf bedeckt. Ein Schutzhelm, wie er beim Eishockey getragen wird, erfüllt im Regelfall die Schutzanforderungen.

<sup>51</sup> Ein Torwarthandschutz darf höchstens 35,5 cm lang und 22,8 cm breit sein, wenn er flach und mit der Innenseite nach oben hingelegt wird. Weiterhin dürfen keine Mittel verwendet werden, durch die es ermöglicht wird, den Stock am Handschutz zu halten, ohne ihn mit der Hand zu umfassen.

(Schienen)<sup>52</sup> [3] und Ellenbogenschützer (vgl. Abb. 12). Der Torhüter darf lediglich als Schütze eines Strafstoßes ohne Kopfschutz antreten.



**Abb. 12:**

*Spielkleidung der Männer und Frauen sowie des Torwarts aus DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD. (1974). Weiterhin ist rechts ein aus den DHB-Regeln (1999a) entnommener Schutzhelm abgebildet, der als Kopfschutz für den Torhüter empfohlen wird.*

## 3.2 Hallenhockey

### 3.2.1 Spielfeld

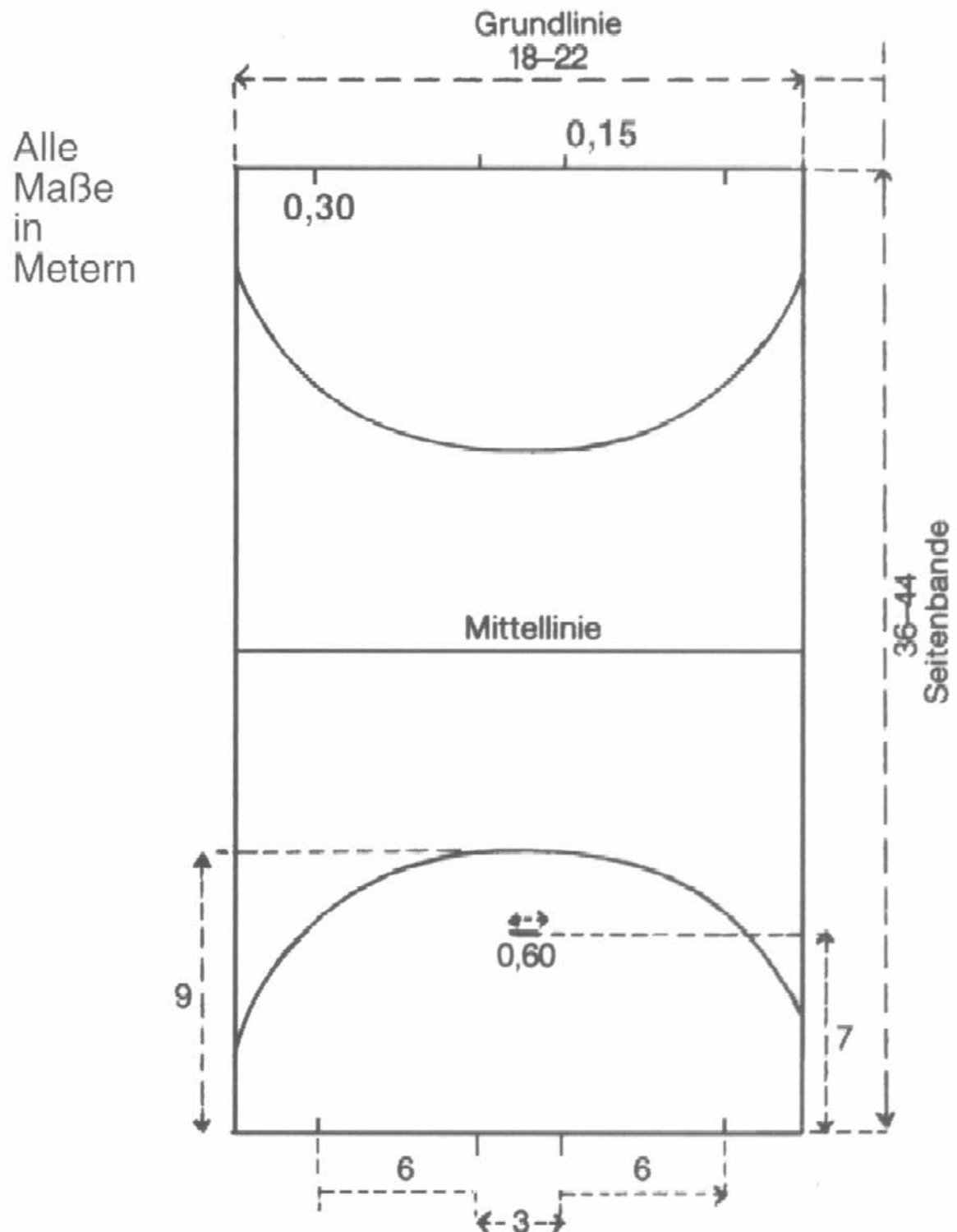
Das **Spielfeld** bildet ein Rechteck. Die Länge darf zwischen 36 und 44 Metern liegen, während die Breite 18 bis 22 Meter betragen muss. Alle Linien haben eine Breite von fünf Zentimetern und sind durchgehend sowie andersfarbig als die Spielfeldoberfläche markiert; sie gehören zum Spielfeld. Die beiden Längsseiten des Spielfeldes werden durch zehn Zentimeter hohe **Seitenbänder** begrenzt (vgl. Abb. 14), die etwa einen Zentimeter zum Spielfeld hin geneigt sein müssen. Diese Seitenbänder bestehen entweder aus Holz oder einem anderen Material mit vergleichbaren physikalischen Eigenschaften. Sie dürfen keine

---

<sup>52</sup> Die Torwartschiene darf nicht breiter als 30 cm sein, wenn sie am Bein des Torhüters befestigt ist. Weiterhin dürfen sich an den Schienen und Kickern keine scharfen Kanten oder gefährlich hervorstehende Teile befinden.



Halterungen oder Stützen haben, die Spieler oder Schiedsrichter gefährden könnten. Auf den beiden Torlinien (Grundlinien) befinden sich keine solchen Banden.



**Abb. 13:**  
Das Spielfeld beim Hallenhockey aus DHB-Regeln (1999b).

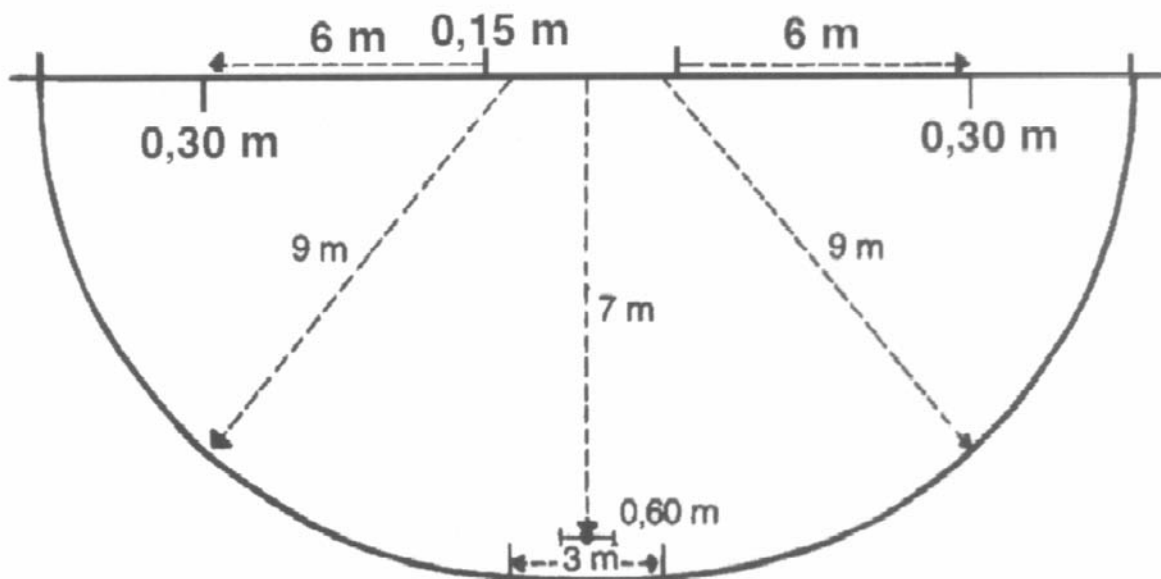


**Abb. 14:**

*Querschnitt der Seitenbande beim Hallenhockey aus den DHB-Regeln (1999b).*

Neben den beiden Seitenbänden und Grundlinien gibt es noch eine Mittellinie, die quer über das Spielfeld verläuft, sowie mehrere kürzere Linien, die unterschiedliche Funktionen haben. Zur Durchführung von Siebenmeterbällen (zum Beispiel beim Strafstoß) ist vor der Mitte jedes Tores ein Punkt mit einem Durchmesser von zehn Zentimetern oder eine parallel zur Torlinie verlaufende 60 Zentimeter lange Linie eingezeichnet. Die Mitte des Punktes oder der Linie muss sieben Meter von der Innenseite der näheren Torlinie entfernt sein.

Innerhalb des Spielfeldes wird vor jedem Tor eine drei Meter lange Linie gezogen, die parallel zur Torlinie verläuft und deren zur Mittellinie gelegene Seite neun Meter von der Außenseite der näher gelegenen Grundlinie entfernt sein muss. Diese Linien werden an beiden Enden bis zur näheren Grundlinie oder den Seitenbänden durch ununterbrochen markierte Viertelkreise verlängert, deren jeweiliger Mittelpunkt die Vorderkante des jeweils nächstgelegenen Torpfostens ist. Diese durch die Linien und die Grundlinien umschlossenen Teile des Spielfeldes – einschließlich der Linien selbst – sind die beiden **Schusskreise**.



**Abb. 15:**

*Auch beim Hallenhockey ist der Schusskreis eine der wichtigsten Spielzonen. Hallenhockey-Schusskreis und dessen Abmessungen nach den DHB-Regeln (1999b).*

Die **Tore** stehen jeweils in der Mitte der beiden Grundlinien. Torpfosten und Querlatte müssen weiß und rechteckig sein. Ihre Breite und Tiefe darf höchstens acht Zentimeter betragen. Die Torpfosten stehen senkrecht zur Grundlinie und haben einen Abstand von drei Metern (inneres Maß) zueinander. Sie müssen mit der Außenseite der Grundlinie abschließen und auf den dafür vorgesehenen Markierungen stehen. Die Höhe des Tores liegt bei zwei Metern (inneres Maß). Wie auch beim Feldhockey sind seitlich und hinten an den Toren sogenannte Torbretter befestigt. Diese müssen 46 Zentimeter hoch sowie mindestens einen Meter lang sein, auf dem Boden stehen und auf den Innenseiten dunkel gestrichen sein. Die seitlichen Torbretter befinden sich im rechten Winkel zur Grundlinie und sind an den Torpfosten, die sie nicht verbreitern dürfen, sowie an den Enden des hinteren Torbrettes, das eine Länge von drei Metern hat, installiert.<sup>53</sup> An den Torpfosten, der Querlatte und den Torbrettern ist dann noch das Tornetz befestigt, das so angebracht sein muss, dass ein Zurückspringen des Balles verhindert wird. Auch ist zu gewährleisten, dass der Ball nicht zwischen Netz und Torpfosten, Querlatte oder Torbrettern hindurchgehen kann. Die Maschenweite darf nicht größer als 3,80 Zentimeter sein.

### 3.2.2 Regeln

#### *Fachbegriffe:*

**Die Fachbegriffe entsprechen weitgehend denen des Feldhockey (siehe 3.1.2). Änderungen werden hier aufgeführt.**

**Schlagen:** Ein Schlag ist durch eine schwingende Bewegung des Stockes zum Ball gekennzeichnet. Er ist im Hallenhockey nicht gestattet.

**Torschuss:** Ein Torschuss ist jedes Schieben, Schlenzen, Heben oder Ablenken des Balles durch einen Angreifer im gegnerischen Schusskreis auf das Tor.

**Schlechtes Benehmen:** Zu schlechtem Benehmen zählen rohes oder gefährliches Spiel, jede Art von Spielverzögerung, absichtliche Regelverstöße und jedes ungebührliche Verhalten. Mannschaftsführer, die ihren Pflichten nicht genügend nachkommen, sollen wegen schlechten Benehmens bestraft werden.

**Offizielle:** Zwei **Schiedsrichter** leiten das Spiel. Sie sind befugt, Entscheidungen während des Spieles zu treffen und Regelverstöße zu ahnden. Die Schiedsrichter wechseln nicht die Spielfeldseiten und sind in erster Linie für Entscheidungen in ihrer Spielfeldhälfte zuständig. Hinzu kommen noch zwei neutrale **Zeitnehmer**. Falls keine Zeitnehmer vorhanden sind, müssen die Schiedsrichter auch darauf achten, dass die vorgeschriebene oder vereinbarte Zeit gespielt wird.

---

<sup>53</sup> Wenn die Tornetze so befestigt sind, dass sie das Spiel nicht beeinträchtigen, kann auf internationaler und nationaler Ebene auch auf Torbretter verzichtet werden.

Beim Hallenhockey besteht jede **Mannschaft** aus maximal zwölf Spielern, von denen sich höchstens sechs Spieler (normalerweise ein Torwart und fünf Feldspieler) gleichzeitig auf dem Spielfeld befinden dürfen. In einer Begegnung darf jede Mannschaft bis zur Höchstzahl von zwölf Spielern wechseln. Es gibt keine Begrenzung, wieviele Spieler gleichzeitig gewechselt werden dürfen und wie oft ein Spieler ein- oder ausgewechselt werden kann. Ein Spieler darf erst eingewechselt werden, wenn einer seiner Mitspieler zuvor das Feld verlassen hat.

Die **Spieldauer** beträgt zweimal 20 Minuten. In der Halbzeitpause, die fünf Minuten dauert, wechseln beide Mannschaften die Seiten und die Mannschaftsbänke. Bei Turnieren und nationalen Begegnungen muss die Spieldauer mindestens zweimal 15 Minuten für Herren, zweimal 10 Minuten für Damen und Jugend sowie zweimal 7,5 Minuten für Knaben und Mädchen betragen. Kommt es zu einer Verletzung, so wird das Spiel unterbrochen und die verlorene Zeit am Ende nachgeholt. Das Spiel muss bis zur Beendigung einer Strafecke verlängert werden, die vor dem Ende der ersten Halbzeit oder dem Spielende verhängt wurde.

Die Spieler dürfen den Ball nur mit der flachen Seite des Schlägers spielen. Anders als im Feldhockey ist es verboten, den Ball zu schlagen, er darf lediglich geschoben oder geschlenzt werden. Auch darf er – mit Ausnahme beim Torschuss im Schusskreis – nicht hoch gespielt werden. Ebenso ist ein unverschuldetes hohes Abprallen des Balles beim Anhalten mit dem Stock kein Regelverstoß. Lediglich der Torwart kann in seinem Kreis den Ball mit dem Fuß bzw. jedem anderen Körperteil stoppen und darf ihn auch wegschießen. Er darf ihn aber weder hochkicken, noch mit dem Stock über Schulterhöhe berühren.

Der **Mittelanstoß**, der zu Beginn jeder Halbzeit und nach jedem Tor ausgeführt wird, ist ein Schiebekball oder Schlag von der Spielfeldmitte, bei dem der Ball in jede Richtung gespielt werden kann. Beim Anstoß befinden sich alle Spieler jedes Teams, mit Ausnahme des Ausführenden, in ihrer Spielhälfte. Im Augenblick der Ausführung müssen alle Gegenspieler mindestens drei Meter vom Ball entfernt sein. Der zuvor ruhende Ball muss auf dem Boden entlanggeschoben werden und sich mindestens zehn Zentimeter fortbewegen, bevor er von einem Mitspieler des Ausführenden gespielt werden darf.

Ein **Tor** ist erzielt, wenn der Ball mit vollem Umfang die Torlinie überschritten hat und der Schuss innerhalb des Schusskreises abgegeben wurde. Kommt der Schuss von außerhalb des Kreises, so gilt der Treffer nur, wenn der Ball im Kreis noch von einem Angreifer berührt wurde, bevor er die Torlinie überschritten hat. Beim Torschuss kann der Ball geschoben, geschlenzt, gehoben oder abgelenkt werden, wobei sich sowohl der Ball als auch der Stock auf dem Boden befinden müssen. Anders als im Feldhockey gibt es beim Hallenhockey kein **Abseits** und keine langen **Ecken**.

**Freischläge** sind ebenfalls nicht im Regelwerk vorgesehen, dafür aber **Freischiebekbälle**. Diese werden bei einem Regelverstoß eines Spielers außerhalb seiner Spielfeldhälfte oder bei einem unabsichtlichen Regelverstoß innerhalb der eigenen Spielfeldhälfte – jedoch außerhalb seines Schusskreises – verhängt. Sie müssen am oder nahe am Ort des Regelverstoßes ausgeführt werden. Der zuvor ruhig liegende Ball muss sich nach Ausführung

mindestens zehn Zentimeter fortbewegen, ehe er von einem Mitspieler des Ausführenden gespielt werden darf. Im Augenblick der Ausführung darf sich kein Gegenspieler näher als drei Meter zum Ball befinden. Der Ausführende darf den Ball anschließend erst wieder spielen, wenn ihn ein anderer Spieler berührt hat.

Wenn beide Mannschaften gleichzeitig einen Regelverstoß begangen haben wird das Spiel mit einem **Bully**<sup>54</sup> fortgesetzt. Das Bully wird an einer vom Schiedsrichter festgelegten Stelle ausgeführt, jedoch nicht innerhalb des Schusskreises, auch wenn sich der Vorfall dort ereignet haben sollte. In einem solchen Fall muss das Bully fünf Zentimeter außerhalb des Schusskreises vor der Tormitte ausgeführt werden. Bevor der Ball ins Spiel gebracht wird, müssen alle anderen Spieler mindestens drei Meter vom Ball entfernt sein.

**Ball im Aus:** Hat der Ball eine Seitenbande oder Grundlinie überschritten, ohne dass ein Tor erzielt worden ist, befindet er sich im Aus. Das Spiel wird mit diesem oder einem anderen Ball wie folgt fortgesetzt:

Hat der Ball die **Grundlinie** überschritten, ohne dass ein Tor gefallen ist, kann es zwei Möglichkeiten der Spielfortsetzung geben: Wird der Ball über die Grundlinie der gegnerischen Mannschaft oder unabsichtlich über die eigene Grundlinie gespielt, so wird das Spiel mit einem **Abschlag** fortgesetzt. Dieser muss an irgendeiner Stelle innerhalb des Schusskreises von einem Verteidiger ausgeführt werden. Nach einem absichtlichen Spiel über die eigene Grundlinie wird die Begegnung mit einer Strafecke<sup>55</sup> weitergeführt.

**Seitenbandenaus:** Geht der Ball vollständig über die Seitenbande ins Aus, so wird das Spiel mit einem **Einschiebeball** fortgesetzt. Dieser muss bis zu einem Meter von der Stelle ausgeführt werden, an der die Kugel die Seitenbande überschritten hat. Wenn der Ball die Seitenbande innerhalb eines Schusskreises überquert hat, wird der Einschiebeball außerhalb des Schusskreises und bis zu einem Meter von dem Punkt entfernt ausgeführt, an der die Schusskreislinie auf die Seitenbande trifft. Der Einschiebeball ist von einem Spieler der Mannschaft auszuführen, die nicht für das „Seiten-Aus“ verantwortlich war. Der Ausführende braucht sich weder vollständig innerhalb noch vollständig außerhalb des Spielfeldes zu befinden.

Zur einer **Strafecke** kommt es, wenn die Verteidigung den Ball absichtlich ins Toraus spielt, ein Foul im eigenen Schusskreis begeht<sup>56</sup> oder ein Verstoß gegen die Bestimmungen über Spielerwechsel, Spielkleidung und -ausrüstung vorliegt. Die Strafecke wird wahlweise links oder rechts vom gegnerischen Tor von einem Punkt auf der Grundlinie ausgeführt, der vom näheren Torpfosten aber mindestens sechs Meter entfernt sein muss. Der Ausführende muss mindestens einen Fuß außerhalb des Spielfeldes auf dem Boden haben, und es darf sich kein anderer Spieler näher als drei Meter zum Ball befinden. Die restlichen Angreifer haben sich auf dem Spielfeld außerhalb des Schusskreises aufzuhalten. Während sich der Torwart in seinem Tor befindet, müssen sich die anderen Verteidiger – auf der dem Ausführenden gegenüberliegenden Seite des Tores – hinter der Grundlinie außerhalb des Tores aufhalten.

<sup>54</sup> Siehe zum „Bully“ auch *Kapitel 3.1.2.*

<sup>55</sup> Strafecke: Siehe weiter unten.

<sup>56</sup> Je nach Situation könnte es auch zu einem Strafstoß oder Bully kommen.

Vor der Ausführung darf weder ein Angreifer – ausgenommen der Ausführende – den Schusskreis betreten noch ein Verteidiger die Grundlinie überschreiten. Es darf nicht auf das Tor geschossen werden, bevor der Ball innerhalb oder außerhalb des Schusskreises angehalten worden oder zur Ruhe gekommen ist; anschließend darf beliebig hoch auf das Tor geschossen werden.

Ein **Strafstoß (7-m-Ball)** ist ein Schiebe-, Schlenz- oder Hebeball vom Siebenmeterpunkt. Der Strafstoß wird gegeben, wenn ein Verteidiger im eigenen Schusskreis einen absichtlichen Regelverstoß begeht, durch den einem Gegenspieler der Ballbesitz sowie die Möglichkeit, in Ballbesitz zu kommen, genommen wird oder wenn durch diesen absichtlichen Regelverstoß verhindert werden soll, dass ein Tor erzielt wird. Weiterhin kommt es zum 7-m-Ball bei einem unabsichtlichen Foul eines Spielers in seinem Schusskreis, durch das ein wahrscheinlicher Treffer verhindert wird. Gleiches gilt für ständiges und absichtliches Verletzen der Regeln bei Strafecken (zu frühes Herauslaufen der Verteidiger über die Grundlinie). Wenn ein 7-m-Ball verhängt wird, muss die Spielzeit angehalten werden und läuft erst weiter, wenn der Schiedsrichter wieder anpfeift. Der Strafstoß wird von einem Angreifer vom Strafpunkt (7-m-Punkt) ausgeführt. Der Schütze muss vor der Ausführung nahe am und hinter dem Ball stehen. Er darf dabei einen Schritt nach vorn machen, um die Kugel besser spielen zu können. Der Ball muss gehoben, geschoben oder geschlenzt werden, wobei ihn der Schütze beliebig hoch spielen kann. Der Ausführende darf den Ball nur einmal berühren und sich anschließend weder der Kugel noch dem Torwart nähern. Der Torwart muss mit beiden Füßen auf der Torlinie stehen und darf diese weder verlassen oder seine Füße bewegen, bis der Ball gespielt ist. Alle anderen Spieler müssen sich auf dem Spielfeld hinter der Mittellinie aufhalten und dürfen die Durchführung nicht beeinflussen. Falls der Torhüter einen Regelverstoß begeht, um einen Treffer zu verhindern, kann durch die Schiedsrichter ein Straftor verhängt werden, ohne dass der Ball zuvor die Torlinie überschritten hat.

Als **Foulspiel** gelten weitgehend die gleichen verbotenen Handlungen wie beim Feldhockey. Die Schiedsrichter haben auch hier zusätzlich zu den entsprechenden Spielstrafen die Möglichkeit einen Spieler zu ermahnen, durch Zeigen der grünen Karte zu warnen, durch Zeigen der gelben Karte für mindestens zwei Minuten vom Spiel auszuschließen oder ihm durch Zeigen der roten Karte die weitere Teilnahme Spiel zu verbieten.

### 3.2.3 Gerät

**Die folgenden Informationen sind Ergänzungen zum Kapitel 3.1.3 bzw. es werden Abweichungen zwischen Feld- und Hallenhockey dargestellt.**

Wie auch beim Feldhockey besteht der **Hockeystock** oder **Hockeyschläger** aus Holz und darf kein Metall oder metallisches Material enthalten. Er ist auf der linken Seite – mit Ausnahme des Griffstückes – abgeflacht. Auf der rechten Seite ist er abgerundet. Das Ende bzw. die Keule ist gebogen und besteht aus Holz. Weiterhin darf die Keule keinen Eisenbeschlag, scharfe Ecken oder Kerben aufweisen, das heißt, sie muss gerundete Kanten haben. Auch dürfen keine eingearbeiteten Hohlräume, Auszackungen oder zusätzliche Ausstattungen vorhanden sein. Für den gebogenen Teil ist eine Höchstlänge von zehn Zentimetern vorgegeben, gemessen vom tiefsten Punkt der Keule parallel zum Griffstück. Mit Ausnahme dieses gebogenen Teils muss der Hockeystock gerade sein; wird der Schläger flach hingelegt, darf er nicht mehr als zwei Zentimeter Abstand von der Auflagefläche haben. Zum Schutz vor Verschleiß ist es erlaubt, den Hockeystock mit Tape, Harz, Lack und ähnlichen Materialien zu versehen; Voraussetzung ist jedoch, dass seine Oberfläche glatt bleibt. Der Stock darf im Durchmesser – inklusive aller Umwicklungen – nicht dicker als 5,10 Zentimeter sein. Das Schlägergewicht kann maximal 737 Gramm betragen.

Als **Ball** dient eine harte Kugel, die aus jedem Material bestehen kann. Ihre weiße oder ggf. auch andersfarbige Oberfläche muss glatt sein. Das Gewicht beträgt 156 bis 163 Gramm, wobei der Ballumfang nicht kleiner als 22,40 cm und nicht größer als 23,50 cm sein darf.

**Spielkleidung:** Die Vorgaben für die Spielkleidung entsprechen weitgehend denen des Feldhockey. Es ist selbstverständlich auch in der Halle verboten Gegenstände zu tragen, durch die andere Spieler gefährdet werden können. Die Sportler dürfen nur Hallenschuhe mit sauberen Sohlen tragen, die keine Stollen oder Noppen haben. Auch beim Hallenhockey wird Feldspielern empfohlen, Schienbein- und Knöchelschützer sowie einen Mundschutz zu tragen.

Für den Torwart bzw. dessen Ausrüstung gelten weitgehend die gleichen Bestimmungen wie im Feldhockey. Auch in der Halle muss er über jeglichem Oberkörperschutz, Spieloberbekleidung tragen, deren Farbe sich von der ihrer eigenen und der gegnerischen Mannschaft unterscheidet und ein Kopfschutz ist vorgeschrieben. Weiterhin werden Brustschutz, Schienen, Kicker, Torwarthandschutz und Ellenbogenschützer empfohlen. Der Torhüter darf lediglich als Schütze eines 7-m-Balles und bei einer Teilnahme als Feldspieler außerhalb seines Schusskreises auf seinen Kopfschutz verzichten.

## 4 Einführung in die Spiroergometrie

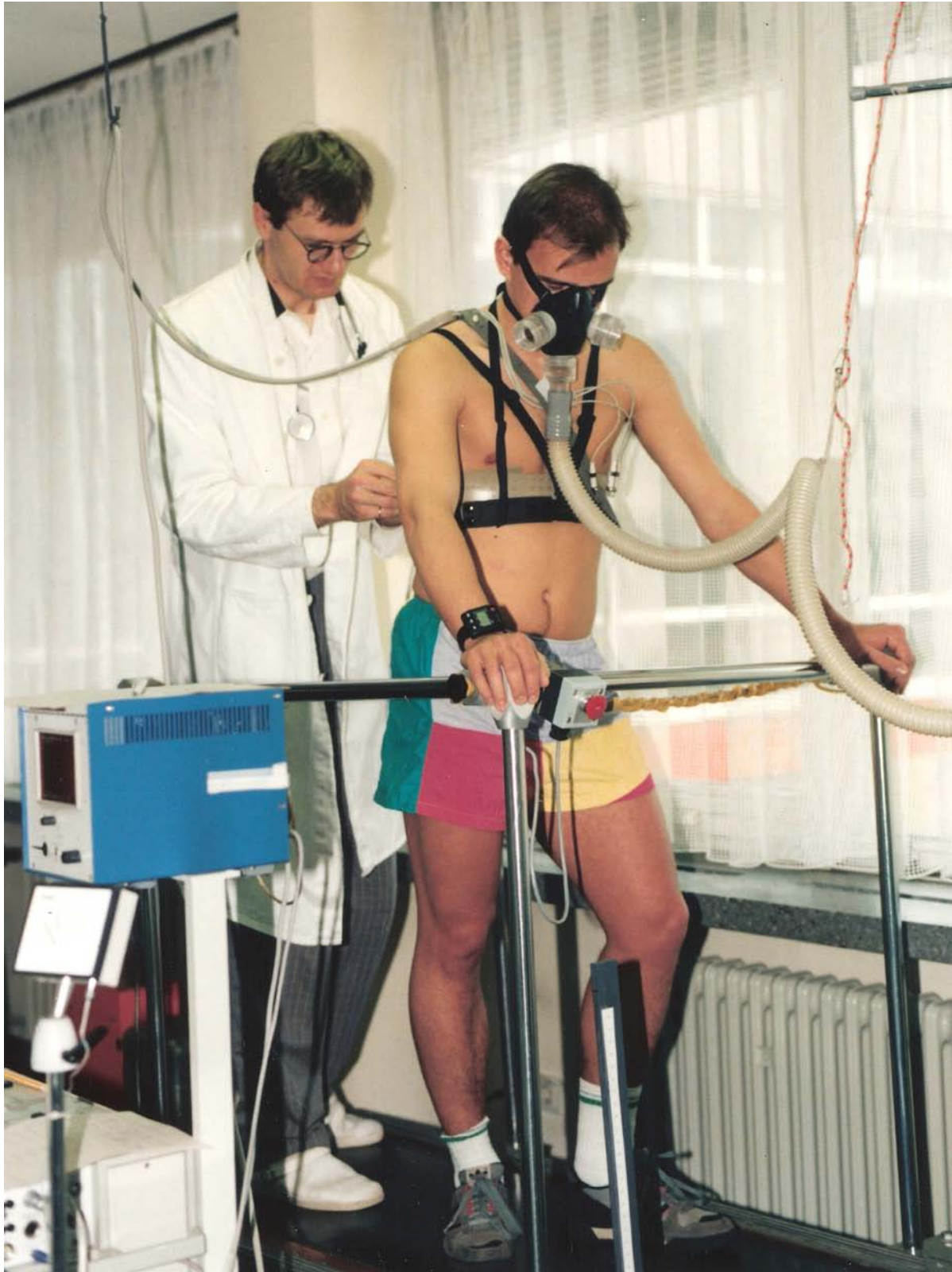
Gegen Ende der zwanziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts führten **BRAUER** und **KNIPPING** die „*Spiro-Ergometrie*“ in die klinische Funktionsdiagnostik ein. Dabei handelte es sich um die Kombination der **Spirometrie** (Lungenfunktionsdiagnostik) – diese dient der Erfassung des respiratorischen Gasaustauschs und der Atmung unter kontinuierlicher Aufzeichnung – mit der **Ergometrie** (Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit), durch die sich physische Leistungen exakt dosieren und jederzeit präzise reproduzieren lassen (KNIPPING 1929, BRAUER, WOLF 1940, KNIPPING u. Mitarb. 1955, NOWACKI 1977, ELGOHARI 2003).

1928 wurde von KNIPPING ein **Dynamoergometer** entwickelt, mit dem eine gleichmäßige **Drehkurbelarbeit** möglich war. Ein Jahr später gelang KNIPPING dann in Zusammenarbeit mit BRAUER in Hamburg der entscheidende Durchbruch; man kann sagen, dass dies praktisch die Geburtsstunde der modernen klinischen und sportmedizinischen Leistungsdiagnostik war. Sie kombinierten die **Ergometerarbeit** mit einem **Spirographen** zur Untersuchung des Gasaustauschs bei Muskelarbeit (Drehkurbel im Stehen) von Gesunden und Kranken (KNIPPING 1929). Spätere Hinweise auf diese Pionierforschungen finden sich in den Publikationen von KNIPPING 1938, BRAUER, WOLF 1940, KNIPPING u. Mitarb. 1955, NOWACKI 1977, ELGOHARI 2003.

Ebenso wird die Einführung des Begriffes „*vita-maxima*“, der das Verhalten des menschlichen Organismus unter maximaler körperlicher Belastung beschreibt, KNIPPING und BRAUER im Jahr 1929 zugeordnet (HOLLMANN, PRINZ 1994, ELGOHARI 2003).

Schon nach kurzer Zeit wurde die **Spiroergometrie** als genaue, **physikalisch standardisierte, vergleichbare und reproduzierbare Methode** auch für die **Leistungsdiagnostik** von Sportlern im Labor eingesetzt. Heute erfolgt die exakte Funktionsdiagnostik der **körperlichen und kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit** in der Klinik sowie der Sportmedizin durch die **Spiroergometrie**. Sie ist somit zu einer **Basisuntersuchungsmethode** in der sportmedizinischen Beurteilung des Gesundheits- und Leistungszustandes eines Sportlers geworden (KNIPPING, 1927, 1938, BRAUER, WOLF 1940, KNIPPING u. Mitarb. 1955, NOWACKI 1977, 2005, ELGOHARI 2003, WU 2007).





**Abb. 16:**  
*Vorbereitung eines Probanden des Limburger HC für die spiroergometrische Laufbanduntersuchung.*

Der Proband verrichtet an einem Ergometer eine exakt dosierbare und jederzeit präzise reproduzierbare Arbeit - beispielsweise sitzende Fußkurbelarbeit auf einem Fahrradergometer, Handkurbelarbeit oder Laufarbeit (auf dem Laufband oder im Feldtest). Die kontinuierliche Schreibung der Sauerstoffaufnahme, gegebenenfalls auch der Kohlendioxidausscheidung und der Atmung, erfolgt mittels einer luftdicht abschließenden Maske über einen Spirographen (HOLLMANN 1983) oder pneumotachographisch im offenen System.

Nach MELLEROWICZ (1983) soll die gesamte Dauer aller Leistungsstufen einer ergometrischen Belastung mindestens sechs, aber nicht mehr als zwölf Minuten betragen.

Die Spiroergometrie wurde im Hochleistungssport der Bundesrepublik Deutschland vor allem durch die sportmedizinischen Arbeitskreise von REINDELL, MELLEROWICZ, NÖCKER, GADERMANN, NOWACKI u. a. zur exakten, quantitativ erfassbaren Registrierung der Leistungsreserven von Herz, Kreislauf und Atmung eingesetzt (NOWACKI 1977).

Die **Laufbandergometrie** gewann in Deutschland erst in den letzten Jahren als adäquates Belastungsverfahren für laufintensive Sportarten an Bedeutung, obwohl sie beispielsweise in den Vereinigten Staaten von Amerika, wo sie als „*treadmill ergometry*“ bezeichnet wird, schon immer die bevorzugte Art der Belastung war.

Die Untersuchung auf dem Laufband bietet sich für solche Sportarten an, bei denen die Laufarbeit während des Wettkampfes dominiert, bzw. bei denen Konditionsarbeit durch Laufarbeit überwiegt (DICKHUTH u. Mitarb. 1983). Für die laufintensive Ballsportart Hockey ist daher die Untersuchung auf dem Laufband als Methode der Wahl anzusehen.

## 5 Methodik

Im Zeitraum von Ende August bis Mitte November 1992 wurde am Lehrstuhl für Sportmedizin des Instituts für Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen unter der Leitung von Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki an acht Tagen die körperliche Leistungsfähigkeit von **acht Hockeyspielern** aus dem **Bundesligabereich** mittels der **Laufbandspiroergometrie** gemessen. Weiterhin wurden zwischen Mitte Juli und Mitte Dezember **zehn Hockeyspieler** der **männlichen Jugend B** und **neun Spieler** der **Knaben A** an 13 Tagen fahrradspiroergometrisch im Sitzen erschöpfend ausbelastet. Die Uhrzeit der jeweiligen Untersuchung richtete sich nach den Wünschen der Probanden. Meist wurden die Belastungen aber im Laufe des Vormittags durchgeführt.

Ein Großteil der **Bundesligahockeyspieler** wurde bereits Mitte März bis Ende Mai 1991 an acht Tagen auf dem Laufband spiroergometrisch belastet. Hier kam jedoch ein anderes Untersuchungsverfahren zur Anwendung.<sup>57</sup> Sieben der zehn Hockeyspieler die 1991 getestet wurden, zählten auch bei der nachfolgenden Untersuchung 1992 wieder zu den Probanden. Die Testergebnisse aus den beiden Laufbanduntersuchungen werden in dieser Arbeit gegenübergestellt und mit den Untersuchungsergebnissen anderer Ballspielsportarten verglichen. Weiterhin werden auch die Resultate der Jugendspieler in den Vergleich einbezogen und mit den Daten von Athleten aus anderen Sportarten verglichen.

### 5.1 Untersuchungsgut

Die zehn 1991 untersuchten Bundesligaspieler, von denen **zwei** (M. K. und S. S.) auch der **Nationalmannschaft** angehörten, zählten zum Kader der 1. Mannschaft des **Limburger Hockey-Clubs (LHC)**. Zwei dieser Probanden waren Torhüter, die anderen acht spielten auf verschiedenen Feldpositionen. Sowohl bei den acht 1992 getesteten Bundesligaspielern als auch bei den 19 Jugendlichen handelte es sich ebenfalls um Aktive des LHC. Einer der Spieler aus dem Bundesligateam von 1992 war Torwart, während die anderen auf verschiedenen Feldpositionen spielten. Auch aus dem 1992 untersuchten Team der männlichen Jugend B gehörte ein Spieler der Jugend-Nationalmannschaft an.

Der **Limburger HC** errang unter seinem Trainer Paul Lissek, dem späteren Bundestrainer, zweimal in Folge, **1990** und **1991**, den **Titel des Deutschen Hallenhockey-Meisters**. 1990

---

<sup>57</sup> Die angewandten Belastungsverfahren werden im *Kapitel 5.2.2* dargestellt.

gewannen die Limburger in Frankfurt als Außenseiter die Deutsche Meisterschaft völlig überraschend. Im Finale bezwangen sie den amtierenden Titelträger Rot-Weiß Köln mit 7:6. Ein Jahr später, beim erneuten Aufeinandertreffen dieser beiden Mannschaften im Endspiel um die Meisterschaft, gelang dem LHC durch einen 10:6-Sieg die erfolgreiche Titelverteidigung.

Sechs der zehn 1991 untersuchten Sportler zählten schon 1990 zum Siegerteam, ein weiterer (O. H.) kam 1991 hinzu. Die sieben Spieler gehörten auch der Mannschaft des Limburger HC an, die **1991 Vize-Europacup-Sieger** wurde. Lediglich dem Endspielgegner um die Deutsche Meisterschaft und Europacup-Verteidiger, Rot-Weiß Köln, mussten sich die Limburger mit 6:8 geschlagen geben.



**Abb. 17:**

*Spielszenen aus dem Finale um die Deutsche Hallenhockey-Meisterschaft 1991 in Bonn zwischen dem Limburger HC und Rot-Weiß Köln 10:6.*

Der 1991 zu den Probanden zählende **Nationalspieler S. S.** wurde 1990 von den Journalisten zum **besten Spieler** der **Endrunde** um die **Deutsche Meisterschaft** im **Hallenhockey** gewählt, und ein Jahr später war es **Nationalspieler M. K.**, der als bester Endrundenspieler die „**Silberne Hockeykugel**“ in Empfang nehmen durfte. Beide gehörten dem Team an, das unter dem damals zum Bundestrainer aufgestiegenen Paul Lissek die Europameisterschaft 1991 im Feldhockey gewann.

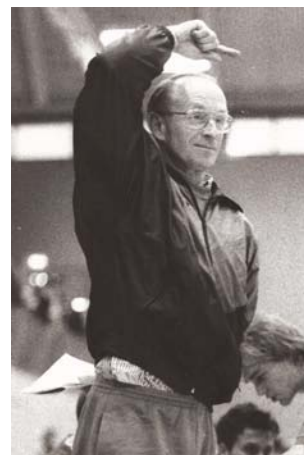
Die drei anderen 1991 untersuchten Testpersonen waren Nachwuchssportler, die erst nach dem Gewinn des Hallentitels 1991 in den Bundesligakader des LHC nachrückten, aber schon in der Jugend- und Junioren-Nationalmannschaft zum Einsatz kamen. Zum Zeitpunkt der zweiten Untersuchung hatten sie sich aber bereits als Stammspieler in der ersten Mannschaft des Limburger HC etabliert.



## Limburger HC – Deutscher Hallenhockey-Meister 1990 und 1991



**Abb. 18:**  
*Spielszene aus der Finalrunde 1991: Limburg siegt 8:6 im Halbfinale gegen den Crefelder HTC.*



**Abb. 19:**  
*Taktische Anweisungen von Trainer Paul Lissek.*



**Abb. 20:**  
*Limburg ist 1990 Deutscher Meister im Hallenhockey.*



**Abb. 21:**  
*Beste Spieler der Endrunde 1990: Stefan Saliger.*



**Abb. 22:**  
*Jubelsturm: 1990 gibt es nach dem Schlusspfiff für den Limburger Anhang kein Halten mehr.*



**Abb. 23:**  
*1991 war Michael Knauth bester Spieler des Endrundenturniers.*



**Abb. 24:**  
*Bad in der Menge: Der Meistercoach wird 1990 von den begeisterten Limburger Fans auf Schultern getragen.*



**Abb. 25:**  
*Limburgs Spielführer Axel Jung nimmt den Meisterteller in Empfang.*



**Abb. 26:**  
*Michael Knauth beim Eintrag ins goldene Buch der Stadt Limburg.*



**Abb. 27:**  
*Jubelnde Meister 1990 auf dem Balkon des Limburger Rathauses.*

Während der ersten sportmedizinischen Untersuchung befand sich die Mannschaft gerade in der Vorbereitungsphase auf die Feldhockeysaison 1991, in der sich die Limburger zwar für die Endrunde um die Deutsche Meisterschaft qualifizierten, aber im Halbfinale Uhlenhorst Mülheim mit 0:2 unterlagen. Die im darauffolgenden Jahr durchgeführte Untersuchung fand während der Feldsaison 1992 statt. Auch die jugendlichen Hockeyspieler und Knaben A bestritten 1992 gerade ihre Punktrunde auf dem Feld.

Bevor das Belastungsverfahren zur Anwendung kam, wurden bei den Probanden zunächst das **Alter** und die **anthropometrischen Daten** (Körpergewicht und Körpergröße) ermittelt. Um Gesundheitsrisiken zu vermeiden, wurde bei jedem Probanden vor Beginn der körperlichen Belastung eine ausführliche **Gesundheits-, Sport-, Trainings- und Leistungsanamnese** erhoben und alle Hockeyspieler wurden einer gründlichen **sportmedizinischen, klinisch-internistischen** (Körpergewicht, Fettanteil) und **orthopädischen Untersuchung**, (Überprüfung des gesamten Haltungs- und Bewegungsapparates) unterzogen, damit anschließend eine maximale Spiroergometrie bis zur Erschöpfung ohne Gefahr durchgeführt werden konnte. Dies ist im Vorfeld einer sportmedizinischen Untersuchung von zentraler Bedeutung (NOWACKI 2007). 1991 wurde bei zwei Versuchspersonen zusätzlich ein Ruhe-Elektrokardiogramm (EKG) im Liegen geschrieben. Bei allen anderen Spiroergometrien wurde das Ruhe- bzw. Vorstart-EKG im Stehen – bei den Laufbanduntersuchungen – bzw. im Sitzen auf dem Fahrradergometer mit den Extremitäten-, Goldberger- und mindestens drei Brustwandableitungen geschrieben.

Weiterhin zählte eine **Lungenfunktionsprüfung** in Ruhe mit dem Digital-Spirometer „*Spirotron*“ der Firma Dräger, Lübeck, zu den Untersuchungsmaßnahmen. Gemessen wurden die forcierte Vitalkapazität und die 1-Sekunden-Kapazität. Alle statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter der jugendlichen und erwachsenen Hockeyspieler lagen im oberen gesunden Normbereich.

Die neben der ausführlichen **klinischen Anamnese** durchgeführte **Sportanamnese** diente der Ermittlung von Trainingsumfang, -häufigkeit und -periode, Wettkämpfen, Erfolgen, Alter und Spielposition sowie von Verletzungen, Krankheiten und Operationen.

Alle Probanden nahmen freiwillig an der Untersuchung teil und wurden nicht speziell nach einer bestimmten Spielposition oder Spielstärke ausgewählt.

Die **Beurteilung** der **Sporttauglichkeit** sowie des **Trainingszustandes** erfolgte dann zusammenfassend nach dem klinischen Befund, dem Ergebnis des ergometrischen Leistungstests und unter besonderer Berücksichtigung der kardiozirkulatorischen Reaktionen (Herzfrequenz, Blutdruck) in der Leistungs- und Erholungsphase (MOHAMMED 1999).





**Abb. 28:**

*Vor der Belastung der Probanden wurde eine Lungenfunktionsprüfung durchgeführt.*

1991 lag das **Durchschnittsalter** der **Bundesligaspieler** bei  **$21,9 \pm 2,6$  Jahren**, wobei der jüngste Spieler 17,4 Jahre alt war und der älteste 25,7.

Die **Körpergröße** der Sportler differierte zwischen 172,5 und 186,5 cm. Der Mittelwert betrug  **$178,3 \pm 4,0$  cm**.

Das **Körpergewicht** schwankte zwischen 63,5 und 87,3 kg mit einem Durchschnitt von  **$74,3 \pm 7,3$  kg**.

Die mittlere **Vitalkapazität** ergab  **$5,08 \pm 0,74$  l**, wobei Werte von 4,1 bis 6,6 l registriert wurden. Dabei betrug die durchschnittliche **1-Sekundenkapazität** **85 %** mit Werten von 78 bis 91 %.

Die **Trainingszeit** variierte zwischen 5 und 16 Stunden pro Woche. Daraus errechneten sich durchschnittlich  **$8,3 \pm 3,7$  Wochenstunden**. Trainingspausen werden von den Sportlern nahezu nicht eingelegt, lediglich während des Urlaubs setzten drei Spieler mit dem Training aus.



Zum Zeitpunkt der **zweiten Untersuchung 1992** betrug das **Durchschnittsalter** der acht Bundesligaspieler  **$22,1 \pm 2,5$  Jahre**, wobei der jüngste Spieler 18,9 und der älteste Spieler 24,9 Jahre alt war.

Die **Körpergröße** lag im Schnitt bei  **$178,6 \pm 4,2$  cm**. Der kleinste Proband maß 172,5 cm, während der größte Teilnehmer 186 cm Länge erreichte.

Das **Gewicht** der Teilnehmer schwankte zwischen 63,0 kg und 89,0 kg. Der Mittelwert betrug  **$73,8 \pm 7,6$  kg**.

Als mittlere **Vitalkapazität** wurden  **$5,38 \pm 0,82$  l** gemessen. 4,1 l als niedrigster und 6,8 l als höchster Wert wurden im Rahmen der Untersuchungen festgestellt.

Die **Trainingszeit** schwankte zwischen 4 und 10 Stunden pro Woche, woraus sich ein Schnitt von  **$6,8 \pm 2,4$  Stunden** errechnete.

Die 1992 untersuchten Knaben A bzw. Jugend B Spieler erreichten folgende **Mittelwerte**:

**Knaben A:** Alter  $14,0 \pm 0,5$  Jahre; Größe  $169,2 \pm 6,7$  cm; Gewicht  $54,4 \pm 6,9$  kg; Vitalkapazität  $3,89 \pm 0,73$  und Trainingszeit  $6,1 \pm 1,7$  h/Wo.

**Jugend B:** Alter  $15,7 \pm 0,5$  Jahre; Größe  $173,9 \pm 8,6$  cm; Gewicht  $67,4 \pm 11,6$  kg; Vitalkapazität  $4,31 \pm 0,7$  und Trainingszeit  $5,5 \pm 2,0$  h/Wo.

Die **Tabellen 1 bis 4** liefern eine **Übersicht** von **Alter, Körpermaßen, Vitalkapazität, Spielposition** und **Trainingsaufwand** der Sportler.

**Tab. 1:**

*Individuelle Daten der Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1991.*

Name	Alter (J)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	VK (l)	Spielposition	Training h/Wo.
W. B.	23,46	175,5	78,0	4,1	Abwehr	8
L. F.	17,74	176,0	63,5	4,7	Angriff	14
C. G.	21,25	182,5	66,5	4,9	Mittelfeld	6
O. H.	22,98	186,5	87,3	6,6	Außenverteidigung	6-8
A. J.	23,24	177,5	72,5	5,0	Außenverteidigung	5
M. K.	25,74	178,5	83,0	6,0	Tor	8
G. M.	17,44	172,5	71,5	4,5	Abwehr / Mittelfeld	16
U. R.	23,08	180,5	78,0	5,3	Mittelfeld / Angriff	6
P. S.	20,92	177,5	72,5	5,1	Tor	6
S. S.	23,26	175,5	70,0	4,6	Mittelfeld	7
<b>Mittelwert</b>	<b>21,91</b>	<b>178,25</b>	<b>74,3</b>	<b>5,08</b>		<b>8,3</b>
<b>S</b>	<b>2,62</b>	<b>4,0</b>	<b>7,3</b>	<b>0,74</b>		<b>3,7</b>

**Tab. 2:***Individuelle Daten der Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1992.*

Name	Alter (J)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	VK (l)	Spielposition	Training h/Wo.
W. B.	24,85	175,5	77,5	4,7	Mittelfeld	6
L. F.	19,38	177,5	63,0	5,9	Angriff	10
C. G.	22,72	182,5	68,0	5,0	Mittelfeld	5
O. H.	24,33	186,0	89,0	6,8	Abwehr / Mittelfeld	9
A. J.	24,56	177,0	74,0	5,6	Außenverteidigung	5
P. K.	19,67	180,0	71,0	5,2	Mittelfeld	5,5
G. M.	18,89	172,5	74,0	4,1	Abwehr / Mittelfeld	10
P. S.	22,32	177,5	74,0	5,7	Tor	4
<b>Mittel- wert</b>	<b>22,03</b>	<b>178,56</b>	<b>73,8</b>	<b>5,38</b>		<b>6,8</b>
<b>S</b>	<b>2,47</b>	<b>4,2</b>	<b>7,6</b>	<b>0,82</b>		<b>2,4</b>

**Tab. 3:***Individuelle Daten der Knaben A Hockeyspieler 1992 des LHC.*

Name	Alter (J)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	VK (l)	Spielposition	Training h/Wo.
S. B.	14,32	169,5	63,0	4,5	Mittelfeld	6
D. B.	13,04	179,5	63,0	4,9	Angriff	5,5
R. G. I	14,35	171,5	55,5	4,0	Abwehr	6
J. G.	13,47	160,0	45,5	3,6	Angriff	5,5
R. G. II	13,71	168,0	56,5	4,1	Abwehr	4
D. H.	13,97	170,0	56,0	3,8	Mittelfeld	6
S. K.	14,31	178,5	58,0	4,2	Abwehr	10
M. N.	14,51	162,0	45,0	2,3	Mittelfeld	5
M. P.	14,61	164,0	47,5	3,6	Mittelfeld	7
<b>Mittel- wert</b>	<b>14,03</b>	<b>169,22</b>	<b>54,4</b>	<b>3,89</b>		<b>6,1</b>
<b>S</b>	<b>0,53</b>	<b>6,74</b>	<b>6,9</b>	<b>0,73</b>		<b>1,7</b>

Tab. 4:

*Individuelle Daten der Jugend B Hockeyspieler 1992 des LHC.*

Name	Alter (J)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	VK (l)	Spielposition	Training h/Wo.
T. A.	16,09	171,5	67,0	4,1	Angriff	3
C. D.	15,68	173,5	74,5	4,7	Abwehr / Angriff	7,5
F. F.	16,20	180,5	63,5	4,1	Angriff	3
S. J.	15,08	153,0	40,0	2,8	Angriff	6
T. K.	15,21	182,5	74,0	4,7	Außenverteidigung	5
A. L.	15,13	172,0	62,0	3,7	Abwehr	6,5
N. P.	15,74	169,0	65,0	4,2	Mittelfeld	6,5
S. S.	16,59	177,0	68,0	4,6	Mittelfeld	9
M. S.	15,47	180,0	80,0	5,0	Mittelfeld	5
F. W.	15,99	180,0	80,0	5,2	Abwehr	3
<b>Mittel- wert</b>	<b>15,72</b>	<b>173,9</b>	<b>67,4</b>	<b>4,31</b>		<b>5,5</b>
<b>S</b>	<b>0,5</b>	<b>8,64</b>	<b>11,6</b>	<b>0,7</b>		<b>2,0</b>

Die Probanden wurden über die Art der Belastungssteigerung informiert und mit der Funktionsweise des Fahrradergometers bzw. des Laufbandes vertraut gemacht. Während der Belastung trugen die Versuchspersonen Sportkleidung und fuhren bzw. liefen mit freiem Oberkörper. Nach gezielter Motivierung durch das Untersuchungsteam konnte die körperliche Beanspruchung bis zur individuellen Leistungsgrenze durchgeführt werden.

*Als Vergleichsgruppen werden Sportler aus verschiedenen Ballspielsportarten herangezogen:*

- Der **DFB Nationalmannschaftskader** des früheren Bundestrainers Helmut Schön vor der **Fußball-Weltmeistermannschaft 1974** (n = 25, vom 28. bis 30. April 1974 im Trainingslager Malente untersucht) bzw. zehn der Spieler, die sich im Finale in München durch einen 2:1-Sieg über die Niederlande den *Weltmeistertitel* sicherten,
- die am 5. Oktober 1981 im Trainingslager Frankfurt-Gravenbruch getestete **DFB-Nationalmannschaft** von **1981/82** (n = 15), die 1982 bei der WM in Spanien die *Vizeweltmeisterschaft* errang und im Endspiel gegen Italien mit 1:3 unterlag,
- der **Fußball-Bundesligist 1. FC Kaiserslautern** (n = 19, 1977 untersucht),
- der **Fußball-Bundesligist Eintracht Frankfurt** (n = 14, 1982 untersucht),

- der **Handball A-Kader** von **1973/74** (n = 13), *Weltmeister 1974*,
- der **Handball Bundesligist VfL Gummersbach** (n = 13, 1976 untersucht), der mehrfach *Europacup Sieger* und *Deutscher Meister* wurde,
- der **Eishockey Bundesligist VfL Bad Nauheim** (n = 16, 1976 untersucht),
- der **Volleyball Bundesligist USC Gießen** (n = 6, 1981 untersucht), *Deutscher Meister 1981* und
- die **Basketball Junioren** des **MTV Gießen** (n = 11, 1982 untersucht).

*Diese Probandengruppen wurden auf dem Fahrrad-Ergometer mit dem 1 Watt/kg KG-Belastungsverfahren nach NOWACKI (1977, 1980a) und NOWACKI, DE CASTRO (1984a) in steigenden Wattstufen erschöpfend ausbelastet. Die Testergebnisse dieser Mannschaften sind NOWACKI (1977), NOWACKI, DE CASTRO (1984a), NOWACKI u. Mitarb. (1984b, 1984c) und PREUHS (1990) entnommen.*

***Folgende Vergleichsgruppen wurden auf dem Laufband untersucht:***

- Der **Handball-Bundesligist TV Hüttenberg** (n = 9) – darunter der *Rekordnationalspieler* des Deutschen Handball Verbandes mit 147 Länderspielen und langjährige Kapitän der Nationalmannschaft H. S. sowie zwei weitere vielfache Nationalspieler
- der **Handball-Regionalligist TV Holzheim** (n = 10), der in der Saison vor der Untersuchung in diese Spielklasse aufgestiegen ist und
- der **Fußball-Landesligist FSV Bad Orb** (n = 14, 1987 untersucht).

*Die Untersuchungsergebnisse entstammen den Dissertationen von SZEMBEK (1985) und PREUHS (1990).*

Teilweise werden auch Testergebnisse der **Fußball Hessenauswahl** von **1974** (n = 9), die mit dem Gießener 1 Watt/kg KG-Verfahren nach NOWACKI (1977, 1980a) und NOWACKI, DE CASTRO (1984a) belastet wurde, sowie der 1985/86 auf dem **Laufband** untersuchten **Fußball-Mannschaften** des **TSV Battenberg** (Oberliga; n = 10) und der **A-Jugend** des **VfB Gießen** (Landesleistungsklasse Nord; n = 21)<sup>58</sup> sowie des **1967** und **1968** getesteten **Hockey-Olympiakaders** (jeweils n = 13)<sup>59</sup> mit einbezogen.

---

<sup>58</sup> Ergebnisse aus NOWACKI (1977) sowie KRÜMMELBEIN (1989).

<sup>59</sup> Ergebnisse aus BUDINGER (1979).

## 5.2 Untersuchungsbedingungen

Die Untersuchungen fanden unter Berücksichtigung der vom Forschungskomitee des **ICSPE** während des 16. Weltkongresses für Sportmedizin 1966 in Hannover vereinbarten und 1981 überarbeiteten **Standardisierungsvorschläge** zur ergometrischen Leistungsmessung statt (MELLEROWICZ 1979, SMODLAKA u. Mitarb. 1983).

### 5.2.1 Leistungsumsatzbedingungen

Bei der Durchführung der **Laufbandspiroergometrie** wurde versucht, möglichst identische **Untersuchungsbedingungen** zu schaffen.

Die **Raumtemperatur** in dem auf 120 m Höhe gelegenen Labor am Gießener Institut für Sportmedizin variierte 1991 während der Untersuchungen der Hockeyspieler zwischen + 20,5° und + 22° Celsius (C). Der **Luftdruck** befand sich im Bereich von 740 mm Hg bis 754 mm Hg, und die **Luftfeuchtigkeit** lag zwischen 53 und 63 %.

<b>1992</b> lagen folgende Werte vor:	Raumtemperatur:	+ 19,5° bis + 23,5° C
	Luftdruck:	734 bis 755 mm Hg
	Luftfeuchtigkeit:	61 bis 79 %

### 5.2.2 Belastungsverfahren

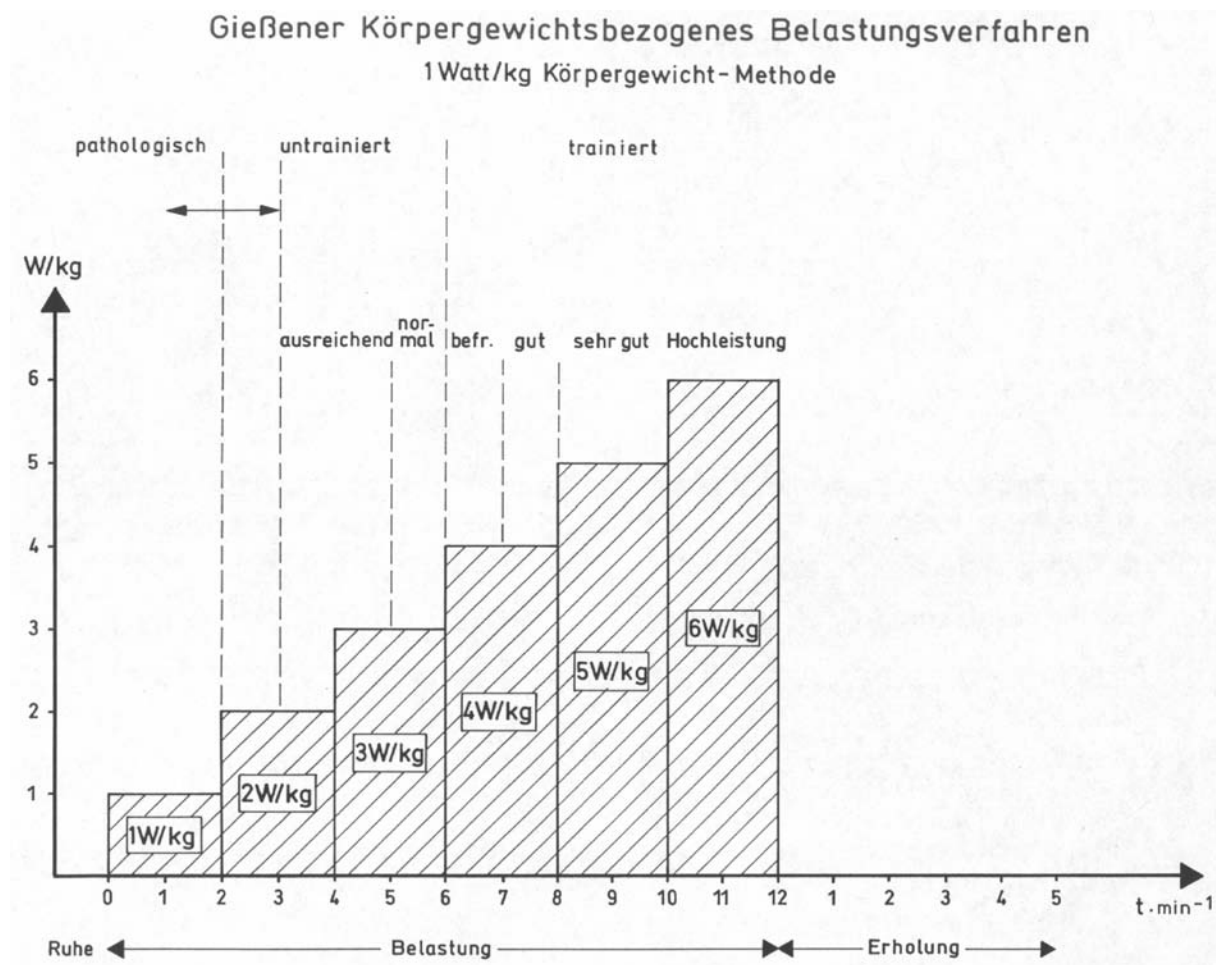
Neben technischen und taktischen Fähigkeiten bestimmen vor allem die **motorischen Grundeigenschaften** – *Ausdauer, Schnelligkeit, Kraft, Flexibilität, Koordination* – die **sportartspezifische Leistungsfähigkeit** eines **Hockeyspielers**.

Eine wissenschaftlich fundierte Trainingssteuerung in Sportspielen setzt eine valide sportart-spezifische Diagnostik voraus (NEUMANN 1990). Die Aufgabe leistungsdiagnostischer Untersuchungen ist es, mit Hilfe standardisierter Prüfverfahren wertvolle Hinweise über die **körperliche, kardiopulmonale und metabolische Leistungsfähigkeit** eines Sportlers zu erhalten, um das Leistungsvermögen beurteilen und das Training optimieren zu können (PREUHS 1990).

Die **Laufbandspiroergometrie** ist ebenso wie die **Fahrradspiroergometrie** ein diagnostisches Verfahren, mit dem sich qualitativ und quantitativ die Reaktionen von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel auf muskuläre Arbeit sowie die **kardiopulmonale Leistungsfähigkeit** beurteilen lassen (WU 2007).

Als besonders effizient in der sportmedizinischen Betreuung hat sich die Leistungsdiagnostik im Labor durch **standardisierte spiroergometrische Untersuchungen** sowohl bei

erschöpfender Ausbelastung im Sitzen auf dem **Fahrradergometer** als auch auf dem **Laufband** nach der Gießener **1 Watt/kg Körpergewichts-Methode** erwiesen (NOWACKI 1977, 1983, MOHAMMED 1999, SCHMIDT 2007).



**Abb. 29:**

*Darstellung des Gießener körpergewichtsbezogenen Belastungsverfahrens (1 Watt/kg Körpergewichts-Methode) nach NOWACKI (1983) mit Beurteilungskriterien.*

Während die **erste spiroergometrische Untersuchung** der Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1991 mit dem **1 Watt/kg Körpergewichts-Belastungsverfahren** nach NOWACKI u. Mitarb. auf dem **Laufband**<sup>60</sup> erfolgte (NOWACKI 1980a, 1983), kam im zweiten Untersuchungsabschnitt das 1986 von NOWACKI u. Mitarb. neu entwickelte sukzessiv belastungszunehmende **sportartspezifische Belastungsverfahren**, bestehend aus einer Einlaufphase und fünf Belastungsstufen (vgl. *Abbildung 32*), zur Anwendung (NOWACKI u. Mitarb. 1988, KRÜMMELBEIN 1989, PREUHS 1990). Dieses musste für die Untersuchung

<sup>60</sup> Näheres zu diesem Belastungsverfahren, das in Anlehnung an das bewährte körpergewichtsbezogene Belastungsverfahren auf dem Fahrrad-Ergometer („Gießener Modell nach NOWACKI“; vgl. *Abbildung 29*) entwickelt wurde (NOWACKI 1977, 1980a und NOWACKI, DE CASTRO 1984a), siehe Seite 70 folgende.

der durchtrainierten Hockeyspieler extra um eine weitere Belastungsstufe erweitert werden, die einer der Sportler (L. F.) erstmals erreichte.

Ebenso wie einige der Vergleichsgruppen wurden auch die Spieler des Knabenteams und der männlichen Jugend nach dem bewährten körperlengewichtsbezogenen Belastungsverfahren auf dem Fahrrad-Ergometer untersucht.

Bei der **1 Watt/kg Körpergewichts-Belastungsmethode** werden die Probanden zunächst gewogen, und die Anfangsbelastung entspricht dem Körpergewicht der untersuchten Person, da von 1 Watt/kg Körpergewicht ausgegangen wird. Beispielsweise hat ein **Proband** der **70 kg** wiegt eine entsprechende Anfangsbelastung von **70 Watt**. Jede zweite Minute wird die Belastung um die Anfangsbelastung – in dem gewählten „Beispiel-Fall“ nach zwei Minuten von 70 auf 140 Watt (das entspricht 2 Watt/kg Körpergewicht) – bis zum individuellen Erschöpfungspunkt erhöht. Die Höchstbelastung liegt bei 6 Watt/kg Körpergewicht, so dass sich eine maximale Belastungszeit von zwölf Minuten ergeben kann. Anschließend folgt eine fünfminütige Erholungsphase.

Das körperlengewichtsbezogene Belastungsverfahren auf dem Fahrradergometer hat im Vergleich zu anderen Belastungsverfahren mehrere **Vorteile**. Durch die eindeutigen Leistungskriterien, bezogen auf das Körpergewicht in Kilogramm, lässt sich eine detaillierte **Klassifizierung** in einen **untrainierten** und einen **trainierten Leistungsbereich** vornehmen.

Die Methode ist vor allem für vergleichende Längs- und Querschnittsuntersuchungen von Gruppen und Einzelpersonen unterschiedlichen Körpergewichts bestens geeignet. Der Einsatzbereich des Untersuchungsverfahrens ist nicht auf eine Leistungsgruppe oder ein Geschlecht fixiert, sondern lässt sich sowohl für Hochleistungssportler als auch für untrainierte Normalpersonen anwenden und ebenso im Bereich der Rehabilitation, der Prävention und des Alterssports, wodurch eine sehr gute Vergleichsmöglichkeit der Ergebnisse gewährleistet ist. Anhand genau definierter **Beurteilungskriterien** kann das körperliche Leistungsvermögen nach völliger Ausbelastung des kardiozirkulatorischen Systems eingeschätzt werden (NOWACKI 1974, 1976, PREUHS 1990).

Die erschöpfende Fahrradergometrie bzw. -spiroergometrie der untersuchten Hockey-Knaben und B-Jugendlichen sowie der auf dem Fahrrad getesteten Vergleichsgruppen erfolgte mit dem elektronisch gebremsten, drehzahlunabhängigen **Universalergometer** „Ergotest“ der Firma Erich Jäger, Würzburg, nach dem Dynamometerprinzip. Bei der Untersuchung wurde für die Testpersonen eine individuelle Einstellung der Sattelhöhe vorgenommen. Um eine optimale Übertragung der Beinkraft auf die Pedalen zu gewährleisten und eine vorzeitige Ermüdung der Probanden aufgrund unökonomischer Beinarbeit zu verhindern, wurde die Sattelhöhe so eingestellt, dass der Winkel zwischen den beiden Hauptkomponenten des Kniegelenks, des Femurs und der Tibia, nahezu 180° betrug und der auf dem Pedal aufliegende Fuß einen Winkel von 90° bis 120° zur Tibiakante aufwies. Die Arretierung des Fußes

auf der Pedale hatte zur Folge, dass die von der Mittelstellung ausgehende Dorsalflexion von 20° und Plantarflexion von 30° (insgesamt 50°) auf eine Bewegungsfreiheit von etwa 30° im oberen Sprunggelenk reduziert wurde. Zum Belastungszeitpunkt trugen die Probanden kurze Sporthosen sowie Sportschuhe, während der Oberkörper unbedeckt war.

Da die Probanden bis an ihre Leistungsgrenze belastet wurden, traten die Sportler zur Vermeidung orthostatischer Regulationsstörungen in der ersten Minuten der **Erholungsphase** gegen einen leichten Widerstand (etwa 25 Watt bei 30 Umdrehungen pro Minute), anschließend noch für ein bis zwei Minuten im Leerlauf (ca. 15 bis 20 Umdrehungen pro Minute). Die beiden letzten Erholungsminuten verbrachten die Probanden anschließend in absoluter Ruhe.

Grundlage der **Laufband-Belastungsmethode** ist die Annahme, dass ein Proband auf dem Laufband **Arbeit** an der **schiefen Ebene** verrichtet, gemäß der **Formel**:

$$\begin{aligned} L &= G * V * \sin \alpha \\ L &= \text{Leistung} \\ G &= \text{Gewicht} \\ V &= \text{Laufbandgeschwindigkeit} \\ \sin \alpha &= \sin \text{des Anstiegswinkels} \end{aligned}$$

Da die Untersuchungen 1991 mit dem körpertgewichtsbezogenen Belastungsverfahren durchgeführt wurden, erfährt die Gleichung folgende Umwandlung:

$$\frac{L}{G} = V * \sin \alpha$$

Die Watt/kg KG-Methode auf dem Fahrrad-Ergometer und dem Laufband erlaubt eine sehr gute und reproduzierbare Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Probanden (NOWACKI 1980a).



Abhängig von der **Bandgeschwindigkeit** und dem **Steigungswinkel** gibt es verschiedene **Möglichkeiten** der Anwendung des 1 Watt/kg KG-Belastungsverfahrens auf dem **Laufband**. Die *Tabelle 5* zeigt verschiedene Möglichkeiten der Belastung, ausgehend von einer konstanten Geschwindigkeit mit steigender Laufbandneigung.

**Tab. 5:**

*Anwendungsmöglichkeiten des 1 Watt/kg Körpergewicht-Belastungsverfahrens auf dem Laufband bei konstanter Geschwindigkeit und steigender Laufbandneigung nach NOWACKI (1980a).*

km/h		4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		9	7,2	6	5,2	4,5	4	3,6	3,25	3
2		18	14,4	12	10,4	9	8	7,2	6,5	6
3		27	21,6	18	15,6	13,5	12	10,8	9,75	9
4		36	28,8	24	20,8	18	16	14,4	13	12
5		45	36	30	26	22,5	20	18	16,25	15
Watt/kg		Steigung in %								

Möglich ist auch, dass die **Laufbandneigung konstant** bleibt, während die **Geschwindigkeit** des Bandes **gesteigert** wird. Diese Belastungsmethode wurde aber bei keiner Untersuchung angewandt. Aus diesem Grund soll darauf an dieser Stelle auch nicht näher eingegangen werden.

Die zehn **Hockeyspieler** wurden **1991** unter „vita-maxima“-Bedingungen ohne Unterbrechung bis zur vollständigen Erschöpfung ausbelastet. Die Beanspruchung der Probanden setzte bei einer **Steigung** von **3 %** ein, wobei die **Laufbandgeschwindigkeit** von **12 km/h** während der gesamten Belastung unverändert blieb. Nach zwei Minuten wurde die Steigung des Bandes um 3 % auf 6 % angehoben. Alle zwei Minuten erhöhte sich nun die Steigung um 3 %, bis das kardiopulmonale System des Probanden ausbelastet war (*vgl. Tabelle 5, letzte Spalte*). Der fünfminütigen Erholungsphase ging eine Gesamtbelastungszeit von sechs bis zehn Minuten voraus, deren Messung mit Hilfe einer Stoppuhr erfolgte. Weitere Steigerungsstufen sind möglich, konnten von den Probanden aber nicht mehr bewältigt werden.



**Abb. 30:**  
*Ein Hockeyspieler des LHC während der spiroergometrischen Leistungsüberprüfung auf dem Laufband am Institut für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen.*

Unter der **Voraussetzung** der **vollen Ausbelastung** des kardiozirkulatorischen Systems auf dem **Laufband** sind nach dem **1 Watt/kg Körpergewichtsverfahren** folgende **Beurteilungskriterien** für die Einschätzung der **körperlichen Leistungsfähigkeit** von Probanden anzuwenden (NOWACKI 1983):

**Tab. 6:**

*Beurteilungskriterien für die Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Anwendung des körpergewichtsbezogenen Belastungsverfahrens (1 Watt/kg Körpergewicht-Methode) auf dem Laufband nach NOWACKI (1983).*

<b>Steigung des Laufbandes in % und entsprechende W/kg KG Leistung; V = 12 km/h konstant</b>	<b>Zeit min</b>	<b>Beurteilung</b>
6 % = 2 W/kg KG	unter 2 min	völlig untrainiert, Verdacht auf pathologische Veränderungen
9 % = 3 W/kg KG	1 min	ausreichende Leistung eines Untrainierten
9 % = 3 W/kg KG	2 min	befriedigend, normale Leistung eines Untrainierten
12 % = 4 W/kg KG	1 min	befriedigend trainiertes körper- liches Leistungsvermögen
12 % = 4 W/kg KG	2 min	gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen
15 % = 5 W/kg KG	1 - 2 min	sehr gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen
18 % = 6 W/kg KG	1 - 2 min	Hochleistungstrainingszustand

Wie bereits erwähnt wurden die Limburger Hockeyspieler 1992 nach dem 1986 von NOWACKI u. Mitarb. (NOWACKI u. Mitarb. 1988, KRÜMMELBEIN 1989, PREUHS 1990) neu entwickelten und von BÖTTIG erweiterten sukzessiv belastungszunehmenden sportartspezifischen Belastungsverfahren untersucht. Dieses **Verfahren** wurde zunächst für

die Untersuchung von **Fußballspielern** entwickelt, um den wechselnden Belastungsanforderungen – Wechsel von hohen Belastungen und Erholungsphasen – während eines Fußballspiels Rechnung zu tragen. **Ziel** war es, die charakteristische **Belastungsstruktur** des **Fußballspiels** im Labor sportartgerecht simulieren zu können. Somit stellte der **sportartspezifische Laufbandtest** das erste Testverfahren dar, das die charakteristische **Struktur** des **Fußballspiels** sportartgerecht unter „*vita-maxima*“-**Bedingungen** nachvollzieht.

Ausgehend von der Voraussetzung, dass in der **Ballspielsportart Fußball** keine permanenten Belastungen, sondern häufig wechselnde – durch Gehpausen oder Lafelemente mit geringerer Belastungsintensität unterbrochene – Bewegungsabläufe wie Sprint, Sprung, Zweikampf und Schuss stattfinden, wurden zwischen die dreiminütigen Belastungsstufen, die sich aus unterschiedlich starken Leistungsteilen zusammensetzen, Erholungspausen eingefügt. So ergibt sich eine intervallartige Aufeinanderfolge von steigenden Belastungsstufen und kurzen Erholungspausen (KRÜMMELBEIN 1989, PREUHS 1990). Die Untersuchungsmethode wurde zunächst an den **Fußballspielern** des Landesligisten **FSV Bad Orb** und Oberligisten **TSV Battenberg**, die auch als **Vergleichsgruppen** herangezogen werden, erprobt.

Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Ausbelastungsverfahren auf dem Laufband, bei denen jeweils die Steigungen variiert werden, während die Geschwindigkeit konstant bleibt, kommt es bei dieser Form der erschöpfenden Laufbandspiroergometrie innerhalb eines Ausbelastungsvorgangs sowohl zum Wechsel der Geschwindigkeit als auch zur Veränderung der Steigung. Dadurch sollten die Fußballspieler mit einem adäquaten Verfahren in einer für ihre Sportart wirkungsgradähnlichen Belastungsstruktur ausbelastet werden, d. h. dieses Verfahren wurde entwickelt, um die charakteristische Belastungsstruktur des Fußballspiels bei der Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Probanden sportartgerecht im Labor simulieren zu können. Das sportartspezifische Belastungsverfahren bestand zunächst aus einer **Einlaufphase** und **fünf Belastungsstufen** (vgl. *Abbildung 32*). Jede Beanspruchungsstufe dauerte drei Minuten. Die nächstfolgende Belastungsstufe setzte nach einer sogenannten „Zwischenminute“ ein. In dieser kam es zu einem „30-Sekunden-Stop“ während dem eine Blutdruckmessung vorgenommen und Blut zur Laktatbestimmung abgenommen wurde. Anschließend folgte eine 30 Sekunden dauernde Anlaufphase auf der zuvor absolvierten Belastungsstufe. Dies hatte eine Verlängerung der Leistungszeiten auf zunächst 18-22 Minuten (KRÜMMELBEIN 1989) bis zum Erreichen des individuellen Erschöpfungspunktes zur Folge.

Da an **Hockeyspieler** ähnliche körperliche Anforderungen gestellt werden, wie an Fußballspieler, lässt sich dieses Untersuchungsverfahren sehr gut auf die Sportart Hockey übertragen. Bei den untersuchten Limburger Hockeyspielern handelte es sich um sehr gut durchtrainierte Bundesligasportler, daher musste das Verfahren um eine Belastungsstufe erweitert werden. Der Proband L. F. absolvierte die ersten fünf Belastungsstufen nahezu problemlos und erreichte als erste Untersuchungsperson nach 25 Minuten und 30 Sekunden die neue

sechste Belastungsstufe. *Tabelle 7* verdeutlicht den strukturellen Aufbau (einschließlich der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bzw. des Trainingszustandes) des erweiterten sportartspezifischen Belastungsverfahrens.

**Tab. 7:**

*Belastungsstufen, Geschwindigkeit und Steigung des Laufbandes mit der jeweiligen Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit für den durch BÖTTIG erweiterten sportartspezifischen spiroergometrischen Laufbandtest (nach NOWACKI, CAI, BUHL, KRÜMMELBEIN 1988).*

<b>Belastungsstufen, Geschwindigkeit und Steigungen des Laufbandes</b>	<b>Zeiteinheit</b>	<b>Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit</b>
Einlaufphase, 9 km/h 0 %	bis 3 min	völlig untrainiert Verdacht auf pathologische Veränderung
Belastungsstufe I, 9 km/h 2 % ┘ 6 % } Ø 4 % = 1 Watt/kg KG 4 % ┘	bis 3 min	leistungsschwach
Belastungsstufe II, 9 km/h 6 % ┘ 10 % } Ø 8 % = 2 Watt/kg KG 8 % ┘	bis 3 min	normal, untrainiert
Belastungsstufe III, 9 km/h 10 % ┘ 14 % } Ø 12 % = 3 Watt/kg KG 12 % ┘	bis 3 min	befriedigend trainiert
Belastungsstufe IV, 12 km/h 10 % ┘ 14 % } Ø 12 % = 4 Watt/kg KG 12 % ┘	bis 3 min	gut trainiert
Belastungsstufe V, 12 km/h 15 % = 5 Watt/kg KG	bis 3 min	sehr gut trainiert
Belastungsstufe VI, 12 km/h 18 % = 6 Watt/kg KG	bis 3 min	Hochleistungstrainingszustand

Nach der **dreiminütigen Einlaufphase**, die mit einer konstanten Steigung von 0 % und einer Laufbandgeschwindigkeit von 9 km/h absolviert wird, setzt die erste Belastungsstufe ein. Die **Belastungsstufen I bis IV** haben jeweils drei verschiedene Steigungsvarianten, die immer eine Minute lang durchlaufen werden. Die erste Stufe wird mit 2 %, 6 % und 4 % Steigung bei einer konstanten Geschwindigkeit von 9 km/h gelaufen. Dies entspricht rechnerisch einer dreiminütigen Belastung von  $4 \% = 1 \text{ Watt pro kg Körpergewicht}$ . Mit den drei folgenden Belastungsstufen verhält es sich ebenso (vgl. *Tabelle 7*), wobei die Wattstufen gesteigert werden. Dies geschieht in den Belastungsstufen II und III durch eine stufenweise Erhöhung der Laufbandsteigung bei einer konstanten Geschwindigkeit von 9 km/h. In der Stufe IV entspricht die Bandneigung der vorhergehenden Belastungsstufe, aber die Bandgeschwindigkeit wird auf 12 km/h erhöht. Die Stufe V wird drei Minuten mit einer konstanten Laufbandgeschwindigkeit von 12 km/h und einer konstanten Steigung von 15 % durchlaufen. Dies entspricht einer Leistung von 5 Watt/kg Körpergewicht (NOWACKI 1980a, KRÜMMELBEIN 1989). Bei der neu hinzugekommenen Stufe VI bleiben Laufbandgeschwindigkeit (12 km/h) und Steigung (18 %) ebenfalls konstant. Es wird eine Leistung von 6 Watt/kg Körpergewicht erreicht. An die Gesamtbelastungszeit, die bei den Hockeyspielern zwischen 15 und 25,5 Minuten liegt, maximal aber 27 Minuten betragen kann, schließt sich eine fünfminütige Erholungsphase an.

Wie den angegebenen Daten bereits zu entnehmen ist, entspricht das **sportartspezifische Belastungsmodell**, umgerechnet auf körpergewichtsbezogene Daten, einer Steigerung der Belastung um 1 Watt/kg Körpergewicht je Belastungsstufe.

Insgesamt bietet das sportartspezifische Laufbandverfahren mehrere **Vorteile**. Die elementare Bedeutung des Tests liegt darin, dass die ermittelten Leistungsdaten durch eine Untersuchungsmethode erhoben werden, die der **charakteristischen Belastungsstruktur** von **Sportspielen** wie **Fußball, Hockey, Handball, Basketball** etc. entsprechen. Durch die Umrechenbarkeit auf körpergewichtsbezogene Daten ist ein hohes Maß an Vergleichbarkeit gewährleistet. Die **Beurteilungskriterien** ermöglichen eine detaillierte Einteilung in unterschiedliche Leistungsklassen. Weiterhin führt die sportartspezifische Belastungsstruktur dieses Leistungstests zu einer positiven Beeinflussung der Motivationslage der Probanden (PREUHS 1990).

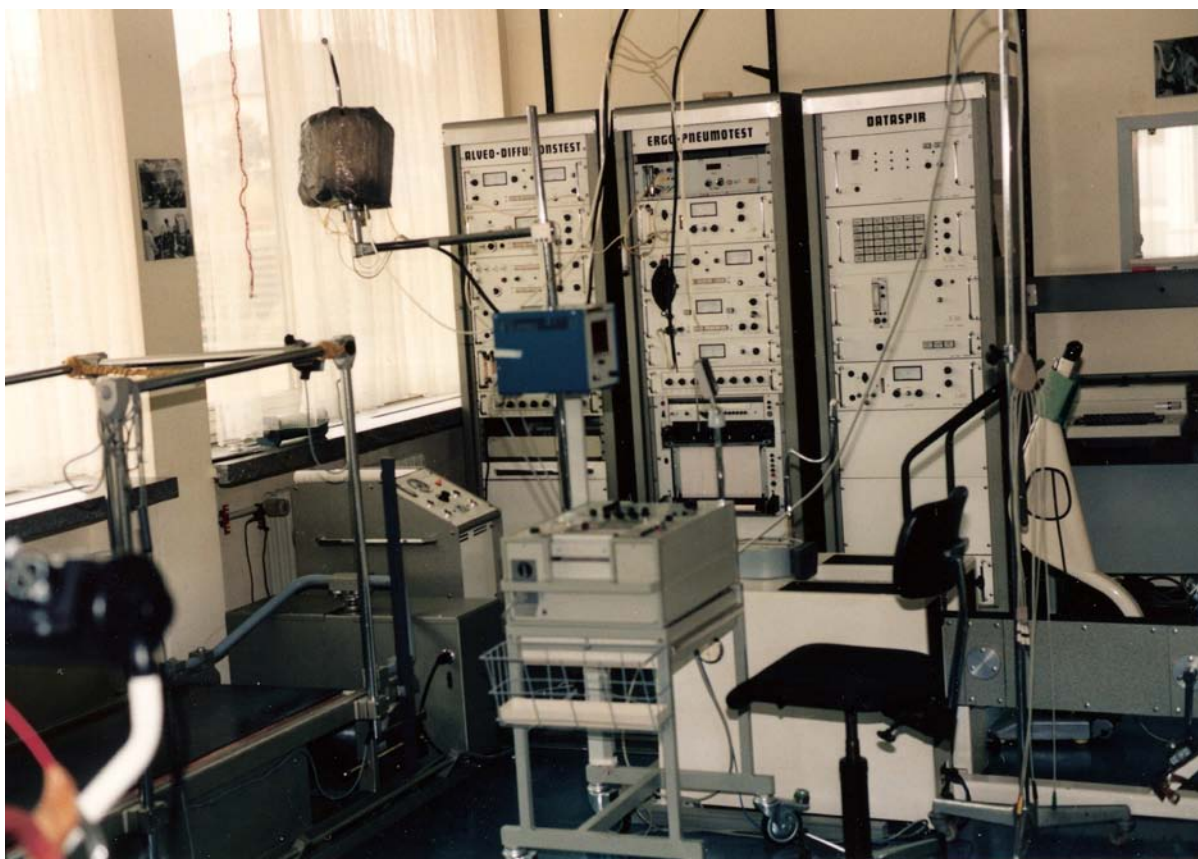
Ob sich aufgrund der gesammelten Ergebnisse eine Modifizierung des Verfahrens bzw. der Stufen V und/oder VI anbietet, so dass auch hier eine Aufteilung in drei verschiedene Steigungsvarianten, die immer eine Minute lang durchlaufen werden, vorgenommen wird, soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Vorschläge und Anregungen zur weiteren Erprobung bzw. Modifizierung des sportartspezifischen Belastungsverfahrens finden sich im *Kapitel 5.5 „Kritik der Methodik“*.

Zur Vermeidung orthostatischer Regulationsstörungen, absolvierten die Probanden sowohl 1991 als auch 1992 die erste bis dritte **Erholungsminute** auf dem Laufband gehend bei einer Geschwindigkeit von 4 bis 5 km/h und einer Steigung von 0 %. Während der beiden folgenden Erholungsminuten standen die Probanden ruhig auf dem angehaltenen Laufband.



Der **Spiroergometrietest** wurde auf dem **Hochleistungslaufband „Laufergotest“** der Firma Erich Jäger, Würzburg, durchgeführt, das von einem Fernsteuerpult zentral bedient werden kann. Das bis zu einer Geschwindigkeit von 30 km/h stufenlos regulierbare Laufband ermöglicht Steigungen bis zu 50° und besitzt eine 40 cm \* 180 cm große gummiüberzogene Lauffläche, die sich bei einer Steigung von 0° in einer Höhe von 35 cm über dem Bodenniveau befindet. Es gehört zu dem spiroergometrischen Messplatz am Institut für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Außer den **kardiozirkulatorischen Daten**, der **Herzschlagfrequenz** und dem **Blutdruck**, wurde von den **pulmonalen Leistungsgrößen** das **Atemminutenvolumen**, die **Sauerstoffdifferenz** und die **Kohlendioxidifferenz** zwischen der **Ein- und Ausatemungsluft** im Minutenabstand direkt während der Belastung festgehalten.<sup>61</sup> Registriert wurden diese Daten mit Hilfe des **spiroergometrischen Messplatzes** der Firma Erich Jäger, Würzburg. Sie dienten als Grundlage zur Berechnung der weiteren Untersuchungsparameter, d. h. maximale und relative Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffpuls, Atemäquivalent und Respiratorischer Quotient.



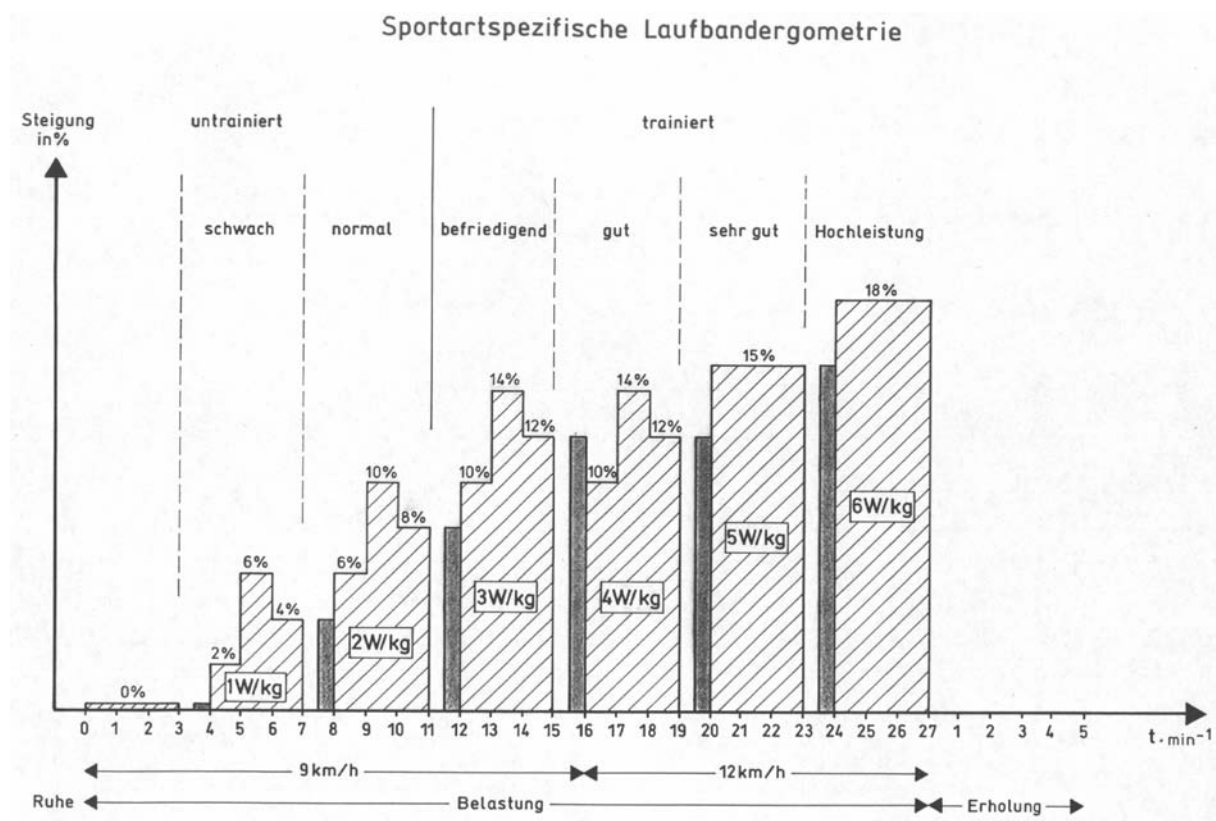
**Abb. 31:**

*Spiroergometrischer Messplatz zur kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik im offenen System der Firma Erich Jäger (Würzburg) am Institut für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen, aufgestellt 1974 und funktionsfähig eingesetzt bis Ende des Jahres 2002.*

<sup>61</sup> Dies war aufgrund technischer Probleme während der Untersuchung von 1992 nicht bei allen Probanden möglich.

Die verschiedenen leistungsmedizinischen Parameter wurden im sogenannten offenen System gemessen, d. h. der Proband atmet Umgebungsluft durch ein Ventil ein und über ein anderes wieder aus. Dazu wurde jedem Sportler eine Atemmaske mit Ein- und Ausatemventilen am Mundstutzen luftdicht angepasst und mit einem Gummiband fest fixiert. Hierdurch konnte ein Verrutschen der Maske durch die Laufbewegungen verhindert werden und eine exakte Trennung der In- und Expiration war gewährleistet. Die Registriergeräte analysierten die ausgeatmete Luft und zeichnten Atemfrequenz, Atemzugvolumen sowie die Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration mit Hilfe des Direktschreibers auf.

Die als Vergleichsgruppen herangezogenen Handballspieler des TV Hüttenberg und TV Holzheim wurden ebenfalls mit der 1 Watt/kg KG-Methode auf dem Laufband belastet, wenn auch mit anderer Bandgeschwindigkeit und -neigung. Nach der zweiminütigen Einlaufphase mit einer Laufbandgeschwindigkeit von 9 km/h und 1 % Steigung, die den Probanden das Finden der optimalen Schrittlänge erleichtern und ihnen dadurch eine gewisse Laufsicherheit geben sollte, begann die eigentliche Belastung. Die Laufbandgeschwindigkeit blieb während der gesamten Beanspruchung konstant 9 km/h (1991 bei den Hockeyspielern 12 km/h). Begonnen wurde mit einer Steigung von 4 % (3 % bei den Hockeyspielern), der nach zwei Minuten eine Erhöhung auf 8 % folgte. Alle zwei Minuten kam es wieder zu einer Vergrößerung der Laufbandsteigung um 4 %, bis zur Ausbelastung der Probanden. Die Untersuchungen der Handballspieler fanden zwischen November 1978 und September 1980 während der Wettkampfperiode statt (SZEMBEK 1985).



**Abb. 32:**  
Modell des von BÖTTIG erweiterten sportartspezifischen Belastungsverfahrens einschließlich der Beurteilungskriterien bei erschöpfender Laufbandergometrie (nach NOWACKI, CAI, BUHL, KRÜMMELBEIN 1988).



## 5.3 Messgrößen

### 5.3.1 Gesamtarbeit in Wattminuten und Belastungszeit

Die erbrachten Leistungen auf dem Fahrradergometer oder Laufband konnten von einer angeschlossenen Skala abgelesen werden, die auf einen Leistungsbereich von 0 bis 500 Watt geeicht war. Leistung wird hier im physikalischen Sinne als der Quotient aus Arbeit und Zeit definiert.

Die Gesamtarbeit in Wattminuten ergibt sich aus der während der gesamten ergometrischen Beanspruchung geleisteten Arbeit, unter Berücksichtigung der einzelnen Belastungsstufen sowie der Belastungszeit (NOWACKI 1977).

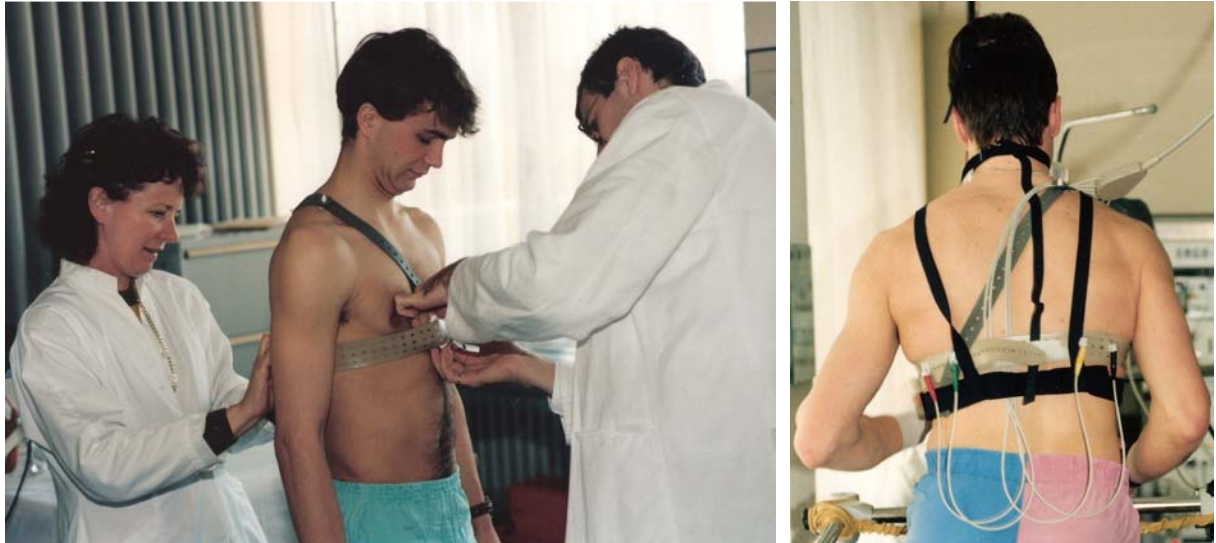
Als maximale relative Wattstufe gilt die höchste erreichte Wattstufe vor Beendigung der Leistung. Sie errechnet sich aus dem Quotienten von Belastungsdauer und der Dauer einer Belastungsstufe<sup>62</sup>, wobei die Angabe körpergewichtsbezogen in Watt/kg erfolgt (KLEIN 1993).

### 5.3.2 Herzschlagfrequenz

Als relativ einfach zu bestimmender Parameter zählt die *Herzschlagfrequenz* (Hf) zu den bevorzugten Messgrößen der kardiozirkulatorischen Funktionsdiagnostik. Sie bildet einen der wichtigsten Funktionsparameter zur Beurteilung des Leistungsstandes des Herz-Kreislauf-Systems. Bereits die Ruheherzschlagfrequenz erlaubt Einblicke in den Trainingszustand bzw. die Trainingsform des Herz-Kreislauf-Systems von Sportlern.

Eine Herzschlagfrequenz von  $180 \pm 5$  Schlägen pro Minute ist eine brauchbare Richtzahl für die Charakterisierung der kardiozirkulatorischen Ausbelastung von hochtrainierten Athleten. Mit dem 3-Kanal-Elektrokardiographen „*Multiskriptor EK 26*“ der Firma Hellige konnte die Herzfrequenz der Probanden fortlaufend registriert werden. Zur Beurteilung der Herzfrequenz, des Herzrhythmus mit eventuellen Extrasystolen bzw. pathologischen Veränderungen des EKG wurde, durch den Einsatz der Brustwandableitungen V 4 - V 6 nach WILSON, die Herzarbeit in Ruhe sowie in den letzten zehn Sekunden jeder Belastungs- und Erholungsminute elektrokardiographisch registriert und konnte ständig auf einem Kontrollmonitor überwacht werden. Bereits während der Belastung konnten die Werte mittels einer EKG-Schablone bestimmt werden. Anschließend wurden die Messwerte nach dem Ende der Untersuchung nochmals überprüft, um Fehler auszuschließen.

<sup>62</sup> Die Dauer einer Belastungsstufe beträgt zwei Minuten bei der Anwendung des 1 Watt/kg Körpergewicht-Belastungsverfahrens auf dem Fahrradergometer oder Laufband und drei Minuten beim sportartspezifischen Laufbandtest.



**Abb. 33:**

*Durch den Einsatz von Brustwandableitungen konnte die Herzarbeit der Probanden ständig kontrolliert und elektrokardiographisch registriert werden.*

Als Ruhe- bzw. Vorstartherzfrequenz gilt die Herzfrequenz vor dem Beginn der Belastung. Die submaximale Herzfrequenz ist am Ende der zweiten Beanspruchungsstufe erreicht und der am Schluss der letzten Belastungsminute erreichte Wert bestimmt die maximale Herzfrequenz.

### 5.3.3 Blutdruck

Wie die Herzschlagfrequenz zählt auch der *Blutdruck* (RR) zu den kardiozirkulatorischen Messgrößen. Als Blutdruck wird der Druck bezeichnet, den das strömende Blut in den Gefäßen aufbaut. Die Messung des Blutdrucks erfolgte 1991 bei den Bundesligaspielern sowie 1992 bei den Knaben A und B-Jugendlichen in der Vorstart- und Erholungsphase durch die 1896 eingeführte Manschettenmethode (mit einer aufblasbaren Gummimanschette) nach RIVA-ROCCI und KOROTKOW. Durch Auskultation der Arteria brachialis mittels eines Stethoskops konnten die „*Korotkoff*“-Töne wahrgenommen und die Blutdruckwerte an einem Quecksilbermanometer abgelesen werden (NOWACKI 1977, PREUHS 1990).

Die Messungen erfolgten mit einer zehn Zentimeter breiten Gummimanschette, die am rechten Oberarm angebracht wurde, in der Ruhephase vor Belastungsbeginn, 20 Sekunden vor Ende der zweiten und vierten Belastungsminute sowie direkt nach dem Abbruch der Leistung und 20 Sekunden vor dem Ende jeder Erholungsminute.

1991 wurde auf die Blutdruckmessung während der Belastung der Bundesligaspieler verzichtet, da beide Arme bei der Bewegung auf dem Laufband mitschwingen und dadurch keine exakte Bestimmung des Blutdrucks möglich ist bzw. das kurzzeitige Ruhighalten eines

Armes – sofern dies während des Laufens überhaupt realisiert werden kann – den Bewegungsfluss erheblich beeinträchtigt hätte. Auch bei den Knaben und Jugendspielern ist, wie zuvor erwähnt, lediglich in der zweiten und vierten Minute der Beanspruchung – als die trainierten Sportler noch sehr ruhig auf dem Fahrradergometer saßen – eine Blutdruckmessung vorgenommen worden. Anschließend verzichtete das Untersuchungsteam auf weitere Messungen, um die jungen Sportler im höheren Belastungsbereich nicht in ihren Bewegungsmöglichkeiten einzuschränken. Während der Untersuchung nach dem sportart-spezifischen Laufbandtest 1992 konnten die Belastungspausen („Zwischenminuten“) dazu genutzt werden, bei den Bundesligaakteuren Blutdruckmessungen vorzunehmen.

Die errechneten Mittelwerte des Blutdrucks sind, entsprechend der Messgenauigkeit bei der Auskultation, im Text und in den tabellarischen Darstellungen auf 5 mm Hg auf- bzw. abgerundet.

### 5.3.4 Atemminutenvolumen, Atemzugvolumen und Atemfrequenz

Die respiratorische Funktionsdiagnostik mit ihren Verlaufskurven des *Atemminutenvolumens* (AMV), des *Atemzugvolumens* (AZV) und der *Atemfrequenz* (Af) informiert über die pulmonale Leistungsfähigkeit des Menschen bei erschöpfender ergometrischer Belastung.

Unter dem Atemminutenvolumen ist die pro Minute eingeatmete Luft zu verstehen. Es errechnet sich aus dem Produkt von Atemzugvolumen und Atemfrequenz (NOWACKI 1977).

$$AMV \text{ in l/min (BTPS)} = AZV \text{ in l (BTPS)} * Af/min$$

Unter dem *Atemzugvolumen* ist die Menge Luft zu verstehen, die mit einem einzelnen Atemzug befördert wird. Der durchschnittliche Ruhewert eines Erwachsenen liegt bei 500 ml. Bei Bedarf – beispielsweise bei körperlicher Belastung – kann das Atemzugvolumen vergrößert werden. Dies geschieht zum einen durch verstärkte Einatmung, so dass das Einatem-reservevolumen in Anspruch genommen wird. Unter Einatem-reservevolumen ist die Luftmenge zu verstehen, die nach gewöhnlicher Einatmung noch durch stärkere Einatmung bis zum höchstmöglichen Maß zusätzlich aufgenommen werden kann. Zum anderen kann man das AZV durch die Inanspruchnahme des Ausatem-reservevolumens vermehren. Als Ausatem-reservevolumen gilt diejenige Luftmenge, die man nach ruhiger Ausatmung noch durch eine angestrengte Ausatem-bewegung austreiben kann (NÖCKER 1980).

Die Atemfrequenz gibt die Zahl der Atemzüge pro Minute an. Die durchschnittliche Atemfrequenz in Ruhe liegt bei etwa 16 Atemzügen in der Minute, wobei die Zahl bei Erwachsenen zwischen 12 und 20 schwankt.

Während der spiroergometrischen Untersuchungen der Hockeyspieler wurden die Messwerte für die Atemfrequenz durch einen Analog-Digitalwandler alle 30 Sekunden direkt verarbeitet und auf einem Registrierstreifen festgehalten.

Das Atemminutenvolumen wird unter **ATPS-Bedingungen** (Umgebungstemperatur = ambient temperature, Gasdruck der Umgebung, mit Wasserdampf gesättigt) gemessen, in der internationalen Literatur aber als AMV umgerechnet auf **BTPS-Bedingungen** (Body Temperature = 37° C, Pressure = 760 mm Hg, Saturated = mit H<sub>2</sub>O gesättigt) angegeben (NOWACKI 1977).

Bei den Hockeyspielern wurde das Atemminutenvolumen in Ruhe sowie in jeder Belastungs- und Erholungsminute mit dem nach dem pneumotachographischen Prinzip arbeitenden Gerät „*Pneumotest*“ der Firma Erich Jäger, Würzburg, registriert, das einen Teil des kompletten computergesteuerten spiroergometrischen Messplatzes zur kardiorespiratorischen Diagnostik im offenen System bildet. Aufgezeichnet wurde es in Form einer nach 30 Sekunden auf Null zurückspringenden Treppenkurve im Direktschreiber.

Zur Ermittlung des AMV wurde die bereits erwähnte Maske des Probanden über einen 1,80 m langen Atemschlauch, der einen Durchmesser von 4 cm besitzt, mit dem Messplatz verbunden, so dass die ausgeatmete Luft zu den Messgeräten gelangen konnte.



**Abb. 34:**

*Durch eine luftdicht verschlossene Atemmaske ist der Proband mit dem spiroergometrischen Messplatz verbunden. Während auf dem linken Bild die Maske gerade einem Probanden angepasst wird, zeigt die rechte Aufnahme Nationaltorhüter M. K. in der Vorstartphase mit der Atemmaske und dem Atemschlauch, der zum Spirografen führt.*

### 5.3.5 Absolute Sauerstoffaufnahme

Die absolute Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2$ ), angegeben unter **STPD-Bedingungen** (Standard Temperature = 0° C, Pressure = 760 mm Hg, Dry = Trockenheit), ist diejenige Sauerstoffmenge, die maximal bei schwerer dynamischer Arbeit großer Muskelgruppen pro Minute aufgenommen werden kann. Die Sauerstoffaufnahme ist das zuverlässigste Bruttokriterium zur Beurteilung der maximalen Leistungsfähigkeit von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel. Sie wird erreicht, wenn maximale dynamische Arbeiten mindestens über eine Zeitspanne von fünf bis sechs Minuten unter Einsatz großer Muskelgruppen durchgeführt werden.

Sie errechnet sich aus dem Produkt des Atemminutenvolumens (BTPS), dem prozentualen Sauerstoffverbrauch ( $\text{O}_2 \%$ ), also der Sauerstoffdifferenz zwischen Inspirations- und Expirationsluft, und dem luftdruckabhängigen Faktor „f“. Dieser Reduktionsfaktor „f“ ist am Tag der Untersuchung aus einer Tabelle zu entnehmen und befindet sich in Abhängigkeit zu Temperatur und Luftdruck. Er dient zur Umrechnung des Atemminutenvolumens BTPS auf STPD-Bedingungen (NOWACKI 1977).

$$\begin{aligned} \text{VO}_2 \text{ in l/min (STPD)} &= \text{AMV in l/min (BTPS)} * f * \text{O}_2 \% \\ &= \text{AMV in l/min (STPD)} * \text{O}_2 \% \end{aligned}$$

Die Sauerstoffaufnahme in Ruhe liegt bei 200 bis 300 ml. Durch Ausdauertraining ist eine Zunahme der maximalen  $\text{O}_2$ -Aufnahme erreichbar.

Die angewandten Belastungsverfahren (1 Watt/kg KG-Methode auf Fahrrad und Laufband sowie der sportartspezifische Laufbandtest) nach dem „vita-maxima“-Prinzip entsprechen den Richtlinien zum Erreichen einer maximalen Sauerstoffaufnahme. Es bleibt zu beachten, dass ganz allgemein die maximale Sauerstoffaufnahme bei erschöpfender Laufbandergometrie um 5 % bis 10 % höher als bei einer Untersuchung auf dem Fahrradergometer bestimmt wird (NOWACKI u. Mitarb. 1980b).

### 5.3.6 Relative Sauerstoffaufnahme

Die maximale *relative Sauerstoffaufnahme* ( $\text{VO}_2/\text{kg}$  Körpergewicht) wird aus dem Wert der absoluten Sauerstoffaufnahme in ml (STPD) dividiert durch das in kg angegebene Körpergewicht des Probanden errechnet.

$$\text{VO}_2/\text{kg in ml (STPD)} = \frac{\text{VO}_2 \text{ in ml (STPD)}}{\text{Körpergewicht in kg}}$$

Ihr kommt eine besondere Bedeutung bei der Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Sportlern unterschiedlichen Körpergewichts zu. In der Einstufung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit gilt sie als objektives Kriterium, da sie in Beziehung zum Körpergewicht der Testperson steht. So kann es vorkommen, dass Probanden, die sehr gute Maximalwerte in der Sauerstoffaufnahme erzielten, nach Feststellung ihrer relativen Sauerstoffaufnahme niedriger einzustufen sind, als andere, deren Maximalaufnahme von Sauerstoff geringer war. Während untrainierte Männer Durchschnittswerte von 35 bis 40 ml/kg Körpergewicht erreichen, bringen es Sportler – abhängig vom Trainingszustand – auf Werte von 40 bis 90 ml/kg Körpergewicht.

### 5.3.7 Sauerstoffpuls

Der Sauerstoffpuls ist der Quotient gebildet aus der Sauerstoffaufnahme in ml/min (STPD) und der Herzschlagfrequenz in derselben Minute. Er gibt an, wieviel Sauerstoff während einer Herzaktion (Systole und Diastole) aufgenommen wird.

$$\begin{array}{lcl} \text{Sauerstoffpuls} & & \text{Sauerstoffaufnahme in ml/min (STPD)} \\ \text{in} & = & \text{-----} \\ \text{ml/min (STPD)} & & \text{Herzschlagfrequenz in dieser min} \end{array}$$

### 5.3.8 Atemäquivalent

Der Begriff „Atemäquivalent“ (AÄ) wurde von BRAUER und KNIPPING (1949) in die klinische Funktionsdiagnostik eingeführt. Das Atemäquivalent gibt darüber Auskunft, wieviel cm<sup>3</sup> Luft ventiliert werden müssen, um einen Kubikzentimeter Sauerstoff aufzunehmen (NOWACKI 1977). Die Berechnungsformel für das Atemäquivalent lautet:

$$\begin{array}{lcl} \text{Atemäquivalent} & = & \frac{\text{Atemminutenvolumen cm}^3 \text{ (BTPS)}}{\text{O}_2\text{-Aufnahme cm}^3/\text{min (STPD)}} \end{array}$$

Das Atemäquivalent ist eine dimensionslose Zahl und ermöglicht einen Einblick in die Ökonomie der Atmung. Je kleiner der Wert des AÄ ist, d. h. je weniger Luft zur Aufnahme von 1 cm<sup>3</sup> Sauerstoff benötigt wird, desto ökonomischer ist die Atmung (NOWACKI 1977, NÖCKER 1980, HOLLMANN, HETTINGER 2000). MELLEROWICZ und NOWACKI nennen 26 (liegend) bzw. 27 im Sitzen und Stehen als Durchschnittsruhowerte des AÄ (NOWACKI 1977). Unter Belastung fällt das Atemäquivalent bei ansteigenden

submaximalen Leistungen zunächst bis zu einem Minimum ab. Dies gilt als Ausdruck für die steigende Ökonomie der Atmung, wobei der Abfall des AÄ vom Trainingszustand des kardiopulmonalen Systems abhängig ist. Da bei weiter anwachsender Leistung das Atemminutenvolumen verhältnismäßig mehr ansteigt als die Sauerstoffaufnahme, erhöht sich der Wert des AÄ wieder. Es werden also zur Aufnahme gleicher Sauerstoffmengen größere Atemminutenvolumina nötig. Hierin kommt ein Absinken der Atemökonomie zum Ausdruck. Die Belastungsstufe, in der das Atemäquivalent ansteigt, charakterisiert die Leistung mit noch optimaler Atemökonomie. Ist das Atemäquivalent höher als 30, so ist der Grenzbereich der maximalen Leistungsfähigkeit erreicht. Im Erschöpfungspunkt werden also die Ruheausgangswerte erreicht bzw. sogar noch leicht überschritten (NOWACKI 1977, NÖCKER 1980).

### 5.3.9 Respiratorischer Quotient

Der *Respiratorische Quotient*, kurz RQ, informiert über die Verbrennungsvorgänge und momentanen Ventilationsverhältnisse der Atemgase Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Da er nicht wie der „*Metabolische-RQ*“ unter Grundumsatzbedingungen gemessen wird, bezeichnet man diesen Respiratorischen Quotienten als „*Ventilations-RQ*“ (VRQ).

Er spielt in der Atemphysiologie und bei der spiro-ergometrischen Funktionsprüfung eine große Rolle und wird nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Ventilations-RQ} = \frac{\text{CO}_2\text{-Ausscheidung in cm}^3 \text{ (STPD)}}{\text{O}_2\text{-Aufnahme in cm}^3 \text{ (STPD)}}$$

## 5.4 Statistische Auswertung

Für die **Berechnung** der **Messgrößen** wurden von den **Hockeyspielern** folgende Daten erfasst:

**Altersgruppe** in Jahren (J), **Größe** in cm, **Gewicht** in kg, **Vitalkapazität** in l, **Trainingsumfang** in Stunden pro Woche (h/Wo.), **1-Sekunden-Kapazität** in % der VK, **Gesamtarbeit** in Wattminuten, **maximale Wattstufe** in W, **maximale relative Wattstufe** in Watt/kg KG, **Belastungszeit** in s, **Herzfrequenz** (Hf \* min<sup>-1</sup>) vor, während und bis zu 5 Minuten nach erschöpfender Belastung, **Blutdruck** (RR mm HG), **Atemminutenvolumen** in l \* min<sup>-1</sup> BTPS, **Atemzugvolumen** in l \* min<sup>-1</sup> BTPS, **Atemfrequenz** (Af \* min<sup>-1</sup>), **absolute Sauerstoffaufnahme** in ml \* min<sup>-1</sup> STPD, **relative Sauerstoffaufnahme** in ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD,

**Sauerstoffpuls** ( $\text{O}_2/\text{Hf ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ), **Atemäquivalent** (ÄÄ) und **Respiratorischer Quotient** (RQ).

Von den gemessenen Parametern wurde zur tabellarischen und graphischen Darstellung sowie zur vergleichenden Beschreibung der Verlaufskurven für jede Untersuchungsminute der **arithmetische Mittelwert** (M) und die **Standardabweichung** (S) gebildet. Außerdem sind jeweils noch die größten und kleinsten Werte dokumentiert worden.

Aufgrund seiner herausragenden Leistung wird der Proband L. F., der bei dem sportartspezifischen Laufbandtest als einziger in den Hochleistungsbereich vordrang, in diesem Teil der Graphiken gesondert dargestellt. Schon 1991 waren L. F. und O. H. die beanspruchungsfähigsten Untersuchungsteilnehmer und werden in den letzten Belastungsminuten in den Graphiken einzeln aufgeführt. Gleiches gilt für den B-Jugendlichen F. F., der als einziger Proband dieser Altersgruppe zehn Minuten lang beansprucht werden konnte. Auch er wird in dieser letzten Belastungsminute in den graphischen Darstellungen gesondert aufgeführt.

Der **Mittelwert** (M), das arithmetische Mittel aller Einzelwerte, wird nach folgender Formel berechnet:

$$M = \frac{\sum x_i}{n}$$

Die Summe aller Einzelwerte  $x_i$  wird durch die Anzahl der Probanden (n) dividiert.

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert.

Sie kann folgendermaßen rechnerisch ermittelt werden:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{n - 1}}$$

### Zeichenerklärung:

$x_i$	=	Einzelwerte ( $x_1, x_2, x_3, \dots x_n$ )
$n$	=	Anzahl der Probanden und Messwerte
$x_i - M$	=	Differenz zwischen dem Mittelwert und den Einzelwerten ( $x_1 - M$ ); ( $x_2 - M$ ); ( $x_3 - M$ ) ... ( $x_n - M$ )
$\sum (x_i - M)^2$	=	Summe der einzelnen Differenzquadrate
$n - 1$	=	Anzahl der Probanden und Messwerte minus 1



Die angegebenen Formeln zur Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung sind BÖS (1986) entnommen.

Hinsichtlich der geringen Probandenzahl wurde auf eine weitere statistische Auswertung der Ergebnisse verzichtet.

## 5.5 Kritik der Methodik

Als wesentliche Form der Leistungsprüfung eines Sportlers ist der Wettkampf mit seinem eindeutigen Ergebnis anzusehen. Aufgrund der Spezifität seiner Anforderungen kann er jedoch nicht die standardisierten Prüfungsverfahren ersetzen (ISRAEL 1979).

Für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Menschen bildet die Ergometrie als physikalische Leistungsmessung eine sichere Methode.

Damit die ermittelten Ergebnisse für den Trainingsprozess verwertbar sind, muss die zur standardisierten Leistungsprüfung gehörende Belastung der Probanden gewohnte und möglichst sportartspezifische Bewegungsabläufe simulieren (ISRAEL 1979). Da es sich beim Hockey um eine sehr laufintensive Sportart handelt, kann die Beanspruchung des Hockeyspielers am ehesten auf dem Laufband nachvollzogen werden. Die beim Hockey neben Technik und taktischen Elementen notwendige Kondition kann durch eine bis zur Erschöpfung führende Laufbandbelastung gut beurteilt werden. Dagegen bietet sich für die Ausdauerbestimmung von Radsportlern eher die Fahrradspiroergometrie als Untersuchungsform an.

Die laufbandspiroergometrischen Leistungsuntersuchungen der Hockeyspieler des Limburger HC wurden nach den Standardisierungsvorschlägen der ICSPE durchgeführt und repräsentieren eine sichere experimentelle Methode, die körperliche, kardiozirkulatorische, kardiopulmonale und respiratorische Leistungsfähigkeit der Probanden zu bestimmen. Die durchgeführten Tests entsprechen den Forderungen nach Objektivität, Reproduzierbarkeit und Unschädlichkeit (MELLEROWICZ 1979).

HOLLMANN u. Mitarb. (1971) bemängeln in erster Linie die bisher nicht exakte Dosierbarkeit und Reproduzierbarkeit der Belastung auf dem Laufband infolge von Wirkungsgradunterschieden bei verschiedener Schrittlänge und unterschiedlichem Koordinationsvermögen der Versuchspersonen, sowie durch unterschiedlich variierte Bandgeschwindigkeiten und Steigungswinkel. Die angesprochenen Wirkungsgradunterschiede beeinflussen den Sauerstoffverbrauch und wirken sich auf die übrigen kardiopulmonalen Leistungsparameter bei gleicher Laufbandgeschwindigkeit und gleicher Steigung quantitativ unterschiedlich aus.

Als weiterer Nachteil gegenüber dem Fahrrad-Ergometer gelten die hohen Anschaffungskosten und zu geringen Variationsmöglichkeiten bei der Dosierung. Auch der größere methodische Aufwand und der aus Sicherheitsgründen erhöhte Personalbedarf werden beklagt. Weiterhin nimmt das Laufband einen größeren Raum im Labor als ein Fahrrad ein und erfordert eine intensivere Wartung.

*Demgegenüber bietet das Laufband folgende Vorzüge:*

- Im maximalen Leistungsbereich erreichen die Probanden um 5 % bis 10 % höhere Sauerstoffaufnahmewerte.
- Aufgrund des Einsatzes von mehr Muskelgruppen werden neben den aeroben kardiorespiratorischen Funktionsgrößen auch die anaeroben Stoffwechselfparameter maximal beansprucht.
- Auch im Maximalbereich muss die Testperson auf dem Laufband die Geschwindigkeit halten, während auf dem Fahrrad die Tretgeschwindigkeit variieren kann. Diese unterschiedliche Tretgeschwindigkeit in der Endphase kann den Energiestoffwechsel beeinflussen.
- Gehen und Laufen sind „natürliche Bewegungsabläufe“, während die Kurbelarbeit auf dem Fahrrad eine „unnatürliche“, durch die Mechanik erzwungene, Bewegungsfolge ist.

Aufgrund der engen Korrelation bietet das körpertgewichtsbezogene Belastungsverfahren auf dem Laufband erstmals die Möglichkeit eines im Vergleich zur Fahrrad-Ergometrie standardisierten Belastungsschemas nach der Watt/kg-Methode (STAADEN 1979, WETTICH 1979, NOWACKI 1980a, 1980b). Bei den Limburger Hockeyspielern konnten die von HOLLMANN (1971) registrierten Koordinationsschwierigkeiten und das unnormale Laufverhalten auf dem Laufband, die zu Wirkungsgradunterschieden führten, nicht beobachtet werden.

Ausgehend von den beiden körpertgewichtsbezogenen Belastungsverfahren auf dem Fahrrad und auf dem Laufband wurde – wie schon erwähnt – 1986 von NOWACKI u. Mitarb. (vgl. NOWACKI u. Mitarb. 1988, KRÜMMELBEIN 1989, PREUHS 1990) das sukzessiv belastungszunehmende sportartspezifische Laufband-Belastungsverfahren zunächst für die Untersuchung von Fußballspielern neu entwickelt. Ziel dieser Entwicklung war es, ein den Wettkampfansprüchen adäquates Belastungsverfahren unter „*vita-maxima*“-Bedingungen zu konzipieren.

Aufgrund der längeren Belastungszeit (bis maximal 27 Minuten) bei dem sportartspezifischen Belastungsverfahren werden die von MELLEROWICZ (1979) postulierten Standardisierungsvorschläge bezüglich der Arbeitszeit nicht erfüllt. Jedoch wird durch die längeren Laufzeiten eine Annäherung an die Wettkampfbelastungen während eines Fußball- oder Hockeyspiels erreicht. So wurden bei Spielbeobachtungen (JASCHOK 1987) während eines 90-minütigen Fußball-Meisterschaftsspiels bei den einzelnen Spielern nur Laufzeiten – einschließlich Sprints und Gehen – zwischen 13 und 30 Minuten registriert.

Als weiterer Vorteil der langen Belastungszeit lässt sich die stärkere zeitliche Aufgliederung zur besseren Leistungsbeurteilung der einzelnen Probanden im Maximalbereich nennen (KRÜMMELBEIN 1989).

Die Durchführung dieses Verfahrens bedarf eines sehr großen methodischen Aufwands und eines besonders geschulten Personals. Außerdem werden hohe Ansprüche an die Koordination der Probanden gestellt. Auch diese Punkte können als Einwände gegen diese Untersuchungsmethode geltend gemacht werden (PREUHS 1990).

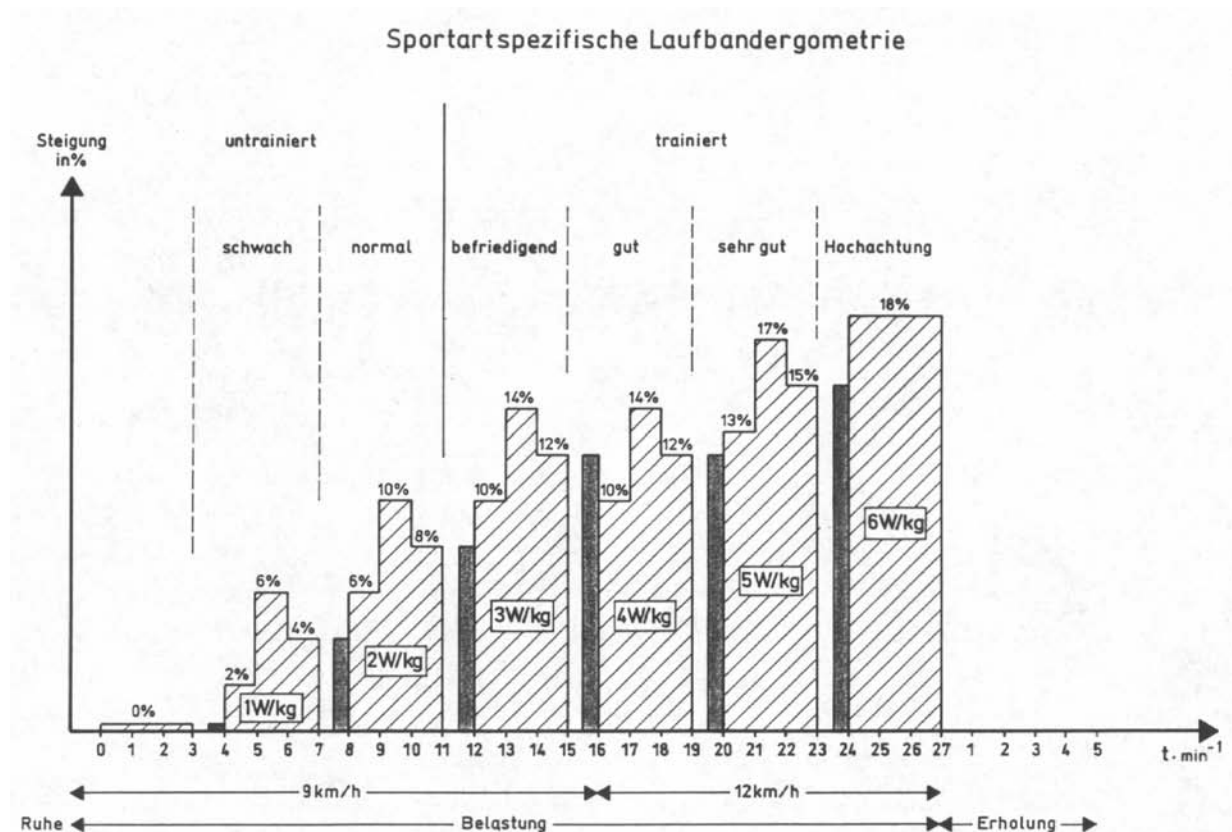
Wie schon im *Kapitel 5.2.2* erwähnt, haben die ersten vier Belastungsstufen im Anschluss an die dreiminütige Einlaufphase, die mit einer konstanten Steigung von 0 % und einer Laufbandgeschwindigkeit von 9 km/h absolviert wird, jeweils drei verschiedene Steigungsvarianten, die immer eine Minute lang durchlaufen werden. Nach der dritten Belastungsstufe wird die Bandgeschwindigkeit von 9 km/h auf 12 km/h erhöht, wobei die Bandneigung in der Stufe IV der vorhergehenden Belastungsstufe entspricht. Lediglich die fünfte – und bis zu dieser Untersuchung zunächst letzte – Stufe wurde bzw. wird drei Minuten mit einer konstanten Laufbandgeschwindigkeit von 12 km/h und einer festen Steigung von 15 % durchlaufen.

Da für die gut trainierten Bundesliga-Hockeyspieler der sportartspezifische Laufbandtest um eine Belastungsstufe erweitert werden musste, wurde diese Einteilung (vier variierende Belastungsstufen und anschließend eine feste fünfte Stufe) aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den bereits nach diesem Test untersuchten Fußballern beibehalten. Um die Kontinuität fortzusetzen, bleiben Laufbandgeschwindigkeit (12 km/h) und Steigung (18 %) bei der neuen – von BÖTTIG hinzugefügten – Stufe VI ebenfalls konstant, wobei eine Leistung von 6 Watt/kg Körpergewicht erreicht wird. Durch diese neue Belastungsstufe kann sich die Gesamtbelastungszeit auf maximal 27 Minuten erhöhen.

Wie bereits zuvor gesagt wurde der sportartspezifische Laufbandtest entwickelt, um die wechselnden Belastungsanforderungen während eines Sportspiels zu berücksichtigen und die charakteristische Belastungsstruktur dieser Sportarten sportartgerecht im Labor simulieren zu können. Da die Belastungsstufen V und VI drei Minuten lang mit gleichbleibender Laufbandgeschwindigkeit sowie konstanter Steigung durchlaufen werden, ist diese wechselnde Belastungsanforderung nur noch bedingt (durch die Belastungsunterbrechung zwischen den beiden Stufen) gegeben. Da bisher noch nicht sehr viele Sportler nach dem recht neuen sportartspezifischen Belastungsverfahren untersucht wurden, bot es sich aus den oben bereits genannten Gründen (optimale Vergleichsbedingungen) an, die Stufe V in ihrer bisherigen Form beizubehalten. Eine daran anschließende, in der Bandneigung wieder variierende Stufe VI, hätte dann aber nicht mehr in das „Belastungsschema“ gepasst, und so wurde auch diese Belastungsstufe bei konstanter Bandgeschwindigkeit und -steigung durchlaufen.

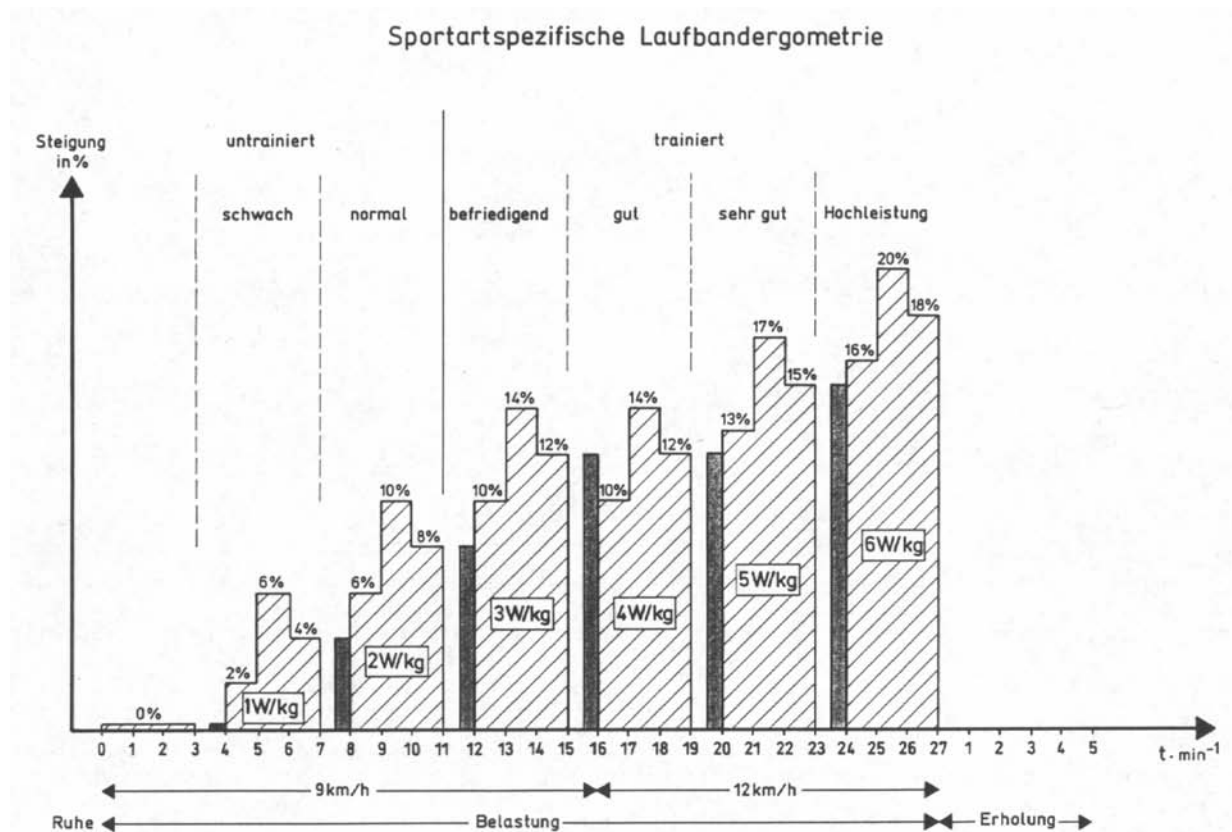
Um dem Ziel – möglichst sportartnahe Untersuchungsvoraussetzungen zu schaffen – näherzukommen, ist es für weitere Untersuchungen denkbar, das sportartspezifische Belastungsverfahren dahingehend zu modifizieren, dass zumindest die fünfte Belastungsstufe (wenn

nicht sogar die Stufen V und VI) ebenfalls in drei verschiedene Steigungsvarianten, die immer eine Minute lang zu durchlaufen sind, unterteilt wird. Vorschläge für den Aufbau dieses modifizierten sportartspezifischen Belastungsverfahrens zeigen die beiden folgenden *Abbildungen 35* und *36*. Eine Erprobung dieser Vorschläge bei zukünftigen Untersuchungen ist empfehlenswert. Am ehesten entspricht das in *Abbildung 36* dargestellte Belastungsverfahren den variierenden Beanspruchungen von Ballspielern und sollte daher bei zukünftigen Untersuchungen erprobt bzw. angewandt werden.



**Abb. 35:**

*Modell eines modifizierten sportartspezifischen Belastungsverfahrens einschließlich der Beurteilungskriterien bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie, bei dem sich die bisher konstante Bandsteigung der Belastungsstufe V entsprechend den vorhergehenden Belastungsstufen aus drei unterschiedlichen Bandsteigungen zusammensetzt (nach NOWACKI, CAI, BUHL, KRÜMMELBEIN, BÖTTIG).*



**Abb. 36:**

*Modell eines modifizierten sportartspezifischen Belastungsverfahrens einschließlich der Beurteilungskriterien bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie, bei dem sich die bisher konstante Bandsteigung der Belastungsstufen V und VI entsprechend den vorhergehenden Belastungsstufen aus drei unterschiedlichen Bandsteigungen zusammensetzt (nach NOWACKI, CAI, BUHL, KRÜMMELBEIN, BÖTTIG).*

Die *exogenen Standardbedingungen* (Normaltemperaturen von 16° C bis 24° C, relative Luftfeuchte zwischen 30 % und 70 %) konnten während der Untersuchungen eingehalten werden. Die Temperatur schwankte bei der Untersuchung 1991 zwischen 20° C und 22° C (1992 zwischen 19,5° C und 23,5° C), und die Luftfeuchtigkeit befand sich 1991 in einem Bereich von 53 % bis 63 % (61 % bis 79 % 1992). Dagegen konnten die Leistungsumsatzbedingungen nicht in vollem Umfang erfüllt werden. Aufgrund der Anzahl der Probanden, des Zeitaufwandes jeder Untersuchung und der beruflichen und familiären Situation der Hockeyspieler war es aus organisatorisch-technischen Gründen nicht möglich, alle Tests an einem Tag und zur jeweils gleichen Tageszeit durchzuführen. Doch fanden 1991 die Belastungen alle in der Vorbereitungsphase auf die Feldsaison statt, so dass die unterschiedlichen Untersuchungstermine nahezu keine Minderung der Aussagekraft annehmen lassen. Gleiches gilt für die Untersuchungen 1992, die während der Vorbereitungsphase auf die Hallenrunde stattfanden.

Auf die physische und psychische Beanspruchung der Probanden am Vortag der Untersuchungen konnte nur in geringem Maße Einfluss genommen werden, da das Trainingspensum der Bundesligahockeyspieler in diesen Vorbereitungsphasen sehr hoch war und auch Testspiele auf dem Programm standen. Es wurde jedoch versucht, die Untersuchungstermine auf Tage zu legen, an denen die Sportler am Vortag nicht trainiert hatten. Leider war dies aufgrund von Terminengpässen nicht in allen Fällen realisierbar.

Obwohl die meisten Spieler schon mit Labor- und Felduntersuchungen vertraut waren und teilweise schon Laufbandtests absolviert hatten, waren einige Probanden – trotz vorheriger Information über den Untersuchungsverlauf – am Untersuchungstag nicht in der Lage ihre Nervosität ganz abzulegen. Dies dokumentierte sich in einem geringen Hyperventilationseffekt und erhöhten Ruhewerten der Herzschlagfrequenz und des Blutdrucks. Doch konnte durch entsprechende Motivation und Vorbereitung auf die Untersuchung eine übergroße leistungsbegrenzende Nervosität vermieden werden.

Bei allen Untersuchungen wurden die Hockeyspieler maximal ausbelastet. Als objektive Ausbelastungskriterien gelten nach Empfehlungen von MELLEROWICZ (1979) eine Herzfrequenz von über 170/min bei Männern zwischen zwanzig und dreißig Jahren und ein Ventilations-RQ von 1,0 und mehr. Wie bereits erwähnt, ist auch das Verhalten des Atemäquivalents ein Kriterium für die Ausbelastung einer Testperson.

Die während der Belastung nicht durchführbare Messung des Blutdrucks kann als Nachteil der Untersuchungsmethoden angesehen werden.

Auf eine ergänzende metabolische Diagnostik (Blutuntersuchungen, Laktatleistungskurve) wurde 1991 verzichtet. Grund hierfür war vor allem der Wunsch der Spieler nach einer ununterbrochenen Beanspruchung auf dem Laufband – ohne zwischenzeitliche Blutentnahme – bis hin zur individuellen Ausbelastung bei höchstmöglicher Steigung des Bandes. Aus gleichem Grund wurde auch 1992 auf eine Laktatauswertung verzichtet.

Ein großer Teil der vorliegenden Untersuchungswerte wurde mit Hilfe eines Taschenrechners ermittelt, die statistische Auswertung erfolgte dann per Computer. Durch die computergesteuerte Datenverarbeitung wurde eine Reduzierung der Fehlerquote bei der Aufbereitung und Auswertung der ermittelten Leistungsdaten ermöglicht. Um die Fehlerquote bei der Verarbeitung der Daten möglichst niedrig zu halten, wurde jeder Wert zweimal überprüft.

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit

#### Gesamtarbeit in Wattminuten und Belastungszeit

Für die Angabe der Gesamtarbeit in Wattminuten ist die Belastungszeit und das Körpergewicht der Sportler von Bedeutung. Die Limburger Hockeyspieler erreichten 1991 nach der Watt/kg-Methode auf dem Laufband eine durchschnittliche Belastungszeit von  $491,5 \pm 71$  Sekunden bzw.  $8:11,5 \pm 1:11$  Minuten. Das mittlere Gesamtkörpergewicht der zehn Probanden betrug  $74,3 \pm 7,3$  kg. Aufgrund der intervallartigen Belastung mit Belastungsunterbrechungen erreichten die Probanden während des sportartspezifischen Untersuchungsverfahrens 1992 wesentliche höhere Zeiten. Einschließlich der sogenannten „Zwischenminuten“ betrug die durchschnittliche Belastungszeit hier  $1260 \pm 166$  Sekunden oder  $21:00 \pm 2:46$  Minuten. Das durchschnittliche Gesamtkörpergewicht hatte sich im Vergleich zum Vorjahr nur geringfügig verändert und lag nun bei  $73,8 \pm 7,6$  kg.

Die auf dem Fahrrad getesteten Knaben A schafften im Schnitt eine Belastungszeit von  $481 \pm 50$  Sekunden ( $8:01 \pm 0:50$  Minuten) bei einem mittleren Gesamtkörpergewicht von  $54,4 \pm 6,9$  kg. Bei den Probanden der männlichen Jugend B wurde eine mittlere Belastungszeit von  $489 \pm 51$  Sekunden ( $8:09 \pm 0:51$  Minuten) errechnet, wobei das durchschnittliche Körpergewicht  $67,4 \pm 11,6$  kg betrug.

Für die Bundesliga-Hockeyspieler ist 1991 eine mittlere Gesamtarbeit von  $1573 \pm 412$  Wattminuten registriert worden. Den höchsten Wert erreichte O. H. mit 2403 Wattminuten und am niedrigsten lag Torhüter M. K. mit 996 Wattminuten.

Die Belastungsfähigkeit der Limburger Hockeyspieler reichte 1991 beim 1 Watt/kg KG Belastungsverfahren auf dem Laufband von der zweiminütigen Bewältigung einer Steigung von 9 % (3 Watt/kg KG) bis hin zu einer Maximalleistung von zwei Minuten 15 % (5 Watt/kg KG). Die geringste Belastbarkeit (zwei Minuten 9 % Steigung) ist bei M. K. ermittelt worden. Am längsten (zehn Minuten) konnte L. F. beansprucht werden, der zwei Minuten eine Steigung von 15 % bewältigte. Eine halbe Minute früher musste O. H., der am zweitlängsten beanspruchbar war, die Belastung bei einer Steigung von 15 % abbrechen.

1992 lag die Belastungsfähigkeit der Bundesligaspieler beim sportartspezifischen Laufbandtest zwischen einer Steigung von 12 % (bei einer Laufbandgeschwindigkeit von 12 km/h), die zwei Minuten bewältigt wurde (4 Watt/kg KG), und einer Maximalleistung

von eineinhalb Minuten 18 % bei 12 km/h Bandgeschwindigkeit (6 Watt/kg KG). Als erster musste W. B. nach 18 Minuten die Beanspruchung abbrechen, nachdem er zwei Minuten die vierte Belastungsstufe durchlaufen hatte. Wiederum war es L. F., der wie schon in der ersten Untersuchung das beste Resultat erzielte und sich sogar noch steigern konnte. Für ihn musste der sportartspezifische Belastungstest extra um eine Stufe erweitert werden, die der Proband 1,5 Minuten bewältigte und damit in den Hochleistungsbereich vordrang. Einschließlich der „Zwischenminuten“ betrug die Gesamtbelastungszeit von L. F. 25,5 Minuten, was – wie gerade erwähnt – in der Endphase eine Steigung von 18 % bei 12 km/h Bandgeschwindigkeit bedeutet.

Die mittlere Gesamtarbeit der Bundesliga-Hockeyspieler des LHC betrug bei der sportart-spezifischen Laufbanduntersuchung  $2724 \pm 573$  Wattminuten.

Die Knaben A brachten es auf eine durchschnittliche Gesamtarbeit von  $1106 \pm 152$  Wattminuten, und die B-Jugendlichen erreichten einen Mittelwert von  $1402 \pm 301$  Wattminuten. F. F. bewältigte als einziger Jugendspieler die 5 Watt/kg KG Stufe zwei Minuten lang.

Die **relative Gesamtarbeit** in Wattminuten/kg KG ergibt sich aus der Division der absoluten Gesamtarbeit durch das entsprechende Körpergewicht des Probanden in kg. Die in der ersten Untersuchung von den Bundesliga-Hockeyspielern geleistete relative Gesamtarbeit beläuft sich auf 21,3 Wattminuten/kg KG. Der niedrigste Wert ist mit 12,0 Wattminuten/kg KG für M. K. registriert, der auch schon die geringste absolute Gesamtarbeit geleistet hat. Die größte relative Gesamtarbeit leistet L. F. mit 30,0 Wattminuten/kg KG.

1992 liegt die mittlere relative Gesamtarbeit der Bundesligaakteure mit  $37,1 \pm 8,4$  Wattminuten/kg KG deutlich über dem Vorjahreswert. Die Knaben und Jugendlichen sind mit  $20,4 \pm 3,7$  Wattminuten/kg KG (Knaben A) und  $20,95 \pm 4,0$  Wattminuten/kg KG (Jugend B) dicht beieinander und nur knapp unter dem Wert der Bundesligaspieler 1991 angesiedelt.

In den *Tabellen 8, 9, 10, 11 und 12* werden die Ergebnisse der körperlichen Leistungsfähigkeit für die **Hockeyspieler** mit den Parametern **absolute** und **relative Gesamtarbeit** sowie die erreichten **Belastungszeiten** zusammengefasst.

**Tab. 8:**

*Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten und relativen Gesamtarbeit sowie der Belastungszeit bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode = L (Hockey LHC Bundesliga 1991, n = 10), sportartspezifischer Laufbandspiroergometrie = SL (Hockey LHC Bundesliga 1992, n = 8) sowie Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode = F 1 (Hockey LHC Knaben A 1992, n = 9) und F 2 (Hockey LHC männliche Jugend B 1992, n = 10).*

	Gesamtarbeit		Belastungszeit (min)
	Wattminuten	Wattminuten/kg KG	
L	$1573 \pm 412$	21,3	$8:12 \pm 1:11$
SL	$2724 \pm 573$	$37,1 \pm 8,4$	$21:00 \pm 2:46$
F 1	$1106 \pm 152$	$20,4 \pm 3,7$	$8:01 \pm 0:50$
F 2	$1402 \pm 301$	$20,95 \pm 4,0$	$8:09 \pm 0:51$



**Tab. 9:**

*Relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht der Bundesliga-Hockeyspieler während der Laufbanduntersuchung 1991.*

<i>Leistung</i>	<i>Zeit</i>	<i>Anzahl der Probanden</i>
3 Watt/kg KG	2 min	1 Proband
4 Watt/kg KG	1 min	1 Proband
4 Watt/kg KG	2 min	4 Probanden
5 Watt/kg KG	1 min	2 Probanden
5 Watt/kg KG	1,5 min	1 Proband
5 Watt/kg KG	2 min	1 Proband

**Tab. 10:**

*Relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht der Bundesliga-Hockeyspieler 1992 während der sportartspezifischen Laufbanduntersuchung.*

<i>Leistung</i>	<i>Zeit</i>	<i>Anzahl der Probanden</i>
4 Watt/kg KG	2 min	1 Proband
4 Watt/kg KG	2,5 min	1 Proband
4 Watt/kg KG	3 min	1 Proband
5 Watt/kg KG	1 min	1 Proband
5 Watt/kg KG	2 min	3 Probanden
6 Watt/kg KG	1,5 min	1 Proband

**Tab. 11:**

*Relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht der Knaben A des LHC bei der Fahrrad-Belastung 1992.*

<i>Leistung</i>	<i>Zeit</i>	<i>Anzahl der Probanden</i>
4 Watt/kg KG	1 min	3 Probanden
4 Watt/kg KG	2 min	1 Proband
5 Watt/kg KG	0,5 min	3 Probanden
5 Watt/kg KG	1 min	2 Probanden

**Tab. 12:**

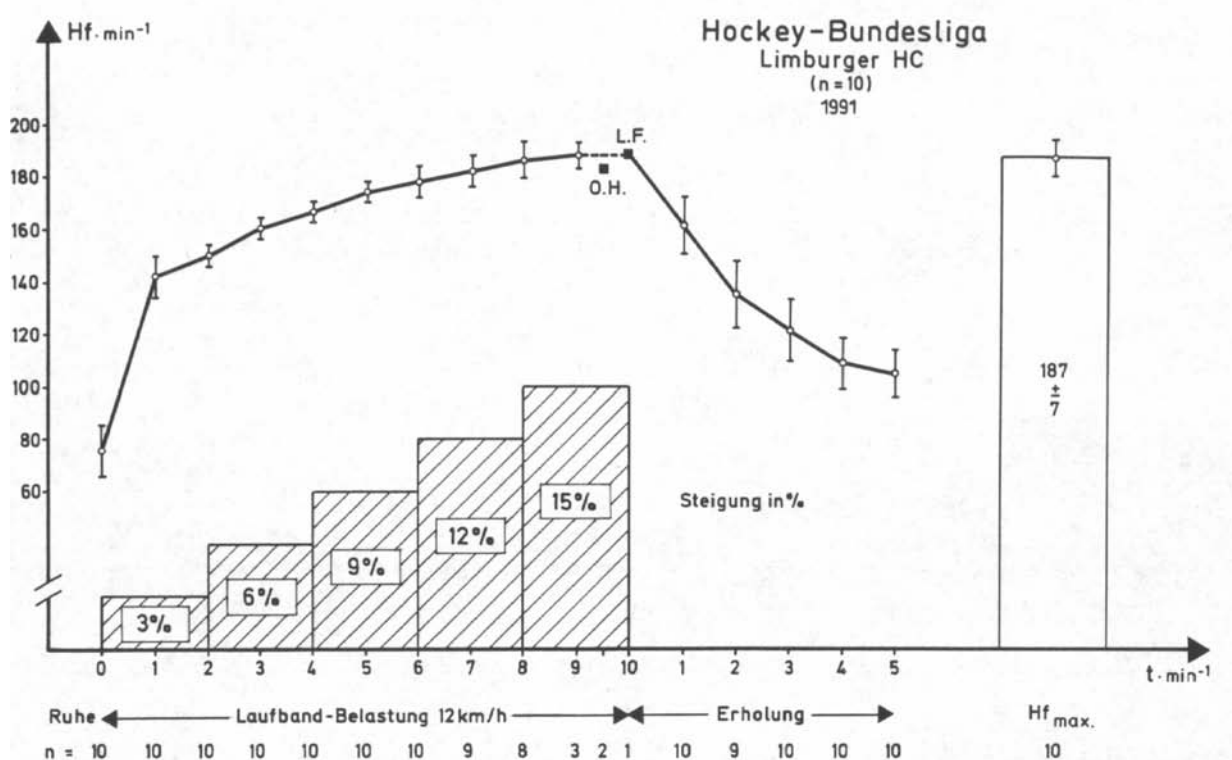
*Relative Leistung in Watt/kg Körpergewicht der männlichen Jugend B des LHC auf dem Fahrradergometer 1992.*

<i>Leistung</i>	<i>Zeit</i>	<i>Anzahl der Probanden</i>
4 Watt/kg KG	1 min	2 Probanden
4 Watt/kg KG	2 min	4 Probanden
5 Watt/kg KG	0,5 min	3 Probanden
5 Watt/kg KG	2 min	1 Proband

## 6.2 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen

### 6.2.1 Herzschlagfrequenz

Die Abbildung 37 zeigt den durchschnittlichen Kurvenverlauf der **Herzschlagfrequenz** ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) der **Limburger Hockeyspieler 1991** in Ruhe, während der Belastung und in der Erholungsphase.



**Abb. 37:**

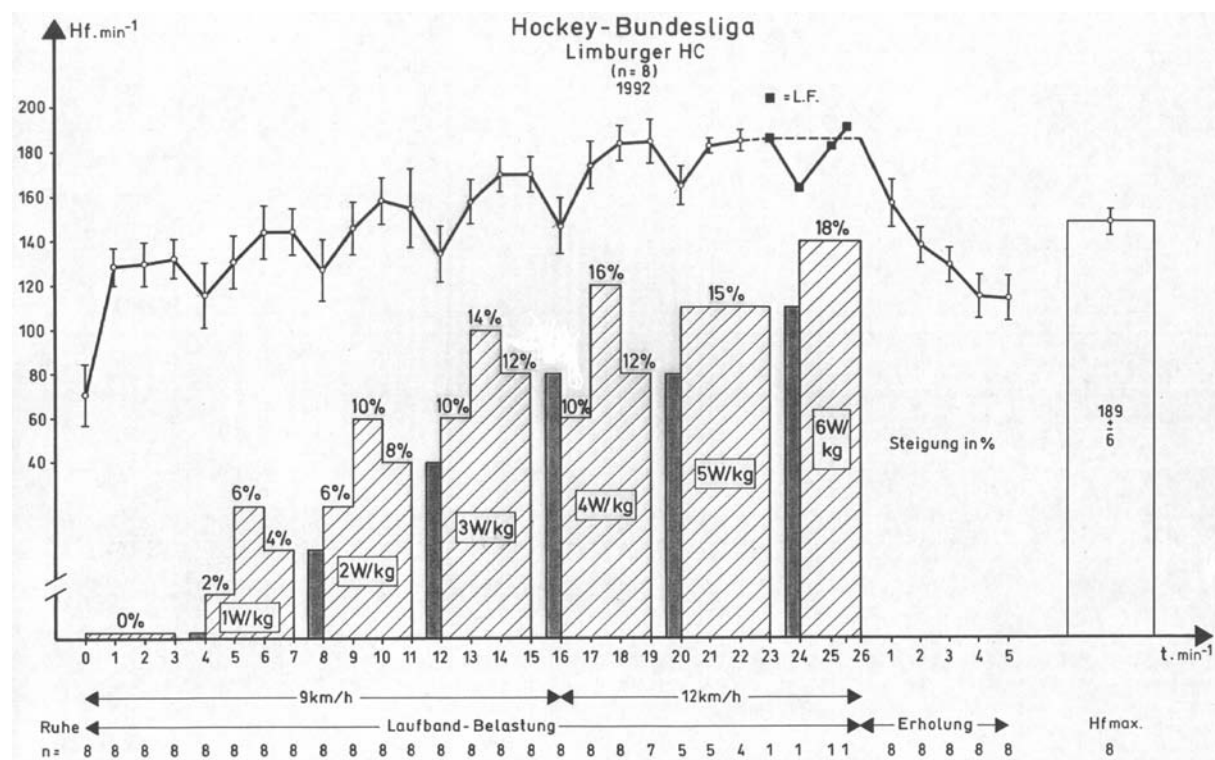
**Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Bundesliga-Hockeyspielern des Limburger HC 1991 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode).**

Die durchschnittliche „Vorstart-Herzschlagfrequenz“ der Limburger Hockeyspieler liegt bei **76 ± 10 Schlägen pro Minute**. Der niedrigste gemessene Ruhewert ist 63 Schläge/min (M. K.), der höchste Ausgangswert ist eine Herzfrequenz von 94 Schlägen/min (L. F.). In der ersten Belastungsminute steigt die durchschnittliche Herzfrequenz auf **142 ± 8 Schläge/min** steil an. Im weiteren Verlauf des Laufbandtests erhöht sich die **Herzschlagfrequenz** kontinuierlich bis zu einem durchschnittlichen **Maximalwert** von **187 ± 7 Schlägen pro Minute**, der sich aus den individuellen Höchstwerten der zehn Probanden errechnet. In der neunten Minute der Belastung erreichen drei der letzten vier Probanden einen Mittelwert von **188 ± 5 Schlägen/min**. Bei einem (L. F.) dieser vier Hockeyspieler konnte aus technischen Gründen die Herzschlagfrequenz in dieser Minute nicht ermittelt werden und somit auch nicht in den

Durchschnittswert einfließen. Zwei Sportler liefen noch in die zehnte Belastungsminute hinein (O. H.: 9 min 30 sec) bzw. durchliefen diese noch (L. F.). O. H. beendet die Belastung mit einer Herzfrequenz von 183 Schlägen/min. Demgegenüber hat L. F. nach erschöpfender Ausbelastung auf dem Laufband eine Herzfrequenz von 188 Schlägen/min. Der höchste Einzelwert ist für A. J. mit 199 Schlägen/min in der achten Belastungsminute registriert, den niedrigsten Maximalwert hat M. K. mit 175 Schlägen/min in der sechsten und für ihn letzten Minute der Beanspruchung.

In der **Erholungsphase** sinkt die Kurve der Sportler kontinuierlich von  $161 \pm 11$  Schlägen/min in der ersten, auf  **$105 \pm 9$  Schläge/min** in der **fünften Erholungsminute** ab. Die niedrigste Pulszahl in der ersten Minute der Erholung hat Torwart P. S. mit 145 Schlägen/min, die höchste liegt bei 179 Schlägen/min (A. J.). Nach fünfminütiger Erholung sind 85 Schläge/min (M. K.) als niedrigster Wert und 118 Schläge/min (U. R.) als höchste Herzschlagfrequenz registriert. Die Herzschlagfrequenz des am längsten aktiven Probanden L. F. ist von 157 Schlägen/min (1. Erholungsminute) auf 105 Schläge/min nach fünf Minuten Erholung abgesunken. O. H. hat in der ersten Erholungsminute eine Frequenz von 159 Schlägen/min, die dann auf 114 Schläge/min nach fünfminütiger Erholung abfällt.

Der durchschnittliche **Kurvenverlauf** der **Herzschlagfrequenz** der **Limburger Hockeyspieler** bei der **sportartspezifischen Untersuchung 1992** in Ruhe, während der Belastung und in der Erholungsphase ist in *Abbildung 38* dargestellt.



**Abb. 38:**

**Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Bundesliga-Hockeyspielern des Limburger HC 1992 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach dem sportartspezifischen Laufbandtest.**

Bei der **sportartspezifischen Laufbanduntersuchung** 1992 ergibt sich eine durchschnittliche **Ruheherzschlagfrequenz** der Limburger Hockeyspieler von  **$71 \pm 14$  Schlägen pro Minute**. Der niedrigste gemessene Ruhewert ist 51 Schläge/min (G. M.), der höchste Ausgangswert ist eine Hf von 88 Schlägen/min (A. J.). Die durchschnittliche Herzfrequenz erhöht sich in der ersten Belastungsminute auf  $129 \pm 11$  Schläge/min. Im weiteren Verlauf des Laufbandtests erhöht sich die **Herzschlagfrequenz** kontinuierlich bis zu einem durchschnittlichen **Maximalwert** von  **$189 \pm 6$  Schlägen pro Minute**, der sich aus den individuellen Höchstwerten der zehn Probanden errechnet. Bis zur 18. Minute hat noch keiner der Probanden die Belastung abgebrochen und hier wird ein Durchschnitt von  $184 \pm 8$  Schlägen/min erreicht. Als eine Minute später diese vierte Belastungsstufe beendet ist ( $n = 7$ ) hat sich die mittlere Herzfrequenz nur leicht erhöht und beträgt  $185 \pm 10$  Schläge/min. In seiner letzten Belastungsminute hat L. F., der die höchste Belastungsstufe erreicht, einen Wert von 191 Schlägen/min. Mit 201 Schlägen/min hat A. J. – wie schon 1991 – den höchsten Einzelwert, während G. M. mit 180 Schlägen/min den niedrigsten Maximalwert aufweist.

In der **Erholungsphase** erreichen die Sportler in der ersten Erholungsminute einen Mittelwert von  $156 \pm 11$  Schlägen/min und anschließend sinkt die Kurve kontinuierlich auf  **$114 \pm 10$  Schläge/min** in der **fünften Erholungsminute** ab. Die niedrigste Pulszahl in der ersten Minute der Erholung liegt bei 138 Schlägen/min (P. K.), die höchste Frequenz ist mit 170 Schlägen/min für A. J. registriert. Nach fünfminütiger Erholung sind 106 Schläge/min für W. B. und P. K. als niedrigster Wert und 135 Schläge/min (A. J.) als höchste Herzschlagfrequenz ermittelt. Die Herzschlagfrequenz des am längsten aktiven Probanden L. F. ist von 165 Schlägen/min (1. Erholungsminute) auf 108 Schläge/min nach fünfminütiger Erholung abgesunken.

Wie bereits erwähnt, wurden sowohl die Knaben A des LHC als auch die männliche Jugend B des Vereins nach der 1 Watt/kg KG-Methode auf dem Fahrradspiroergometer untersucht und ausbelastet. Während bei den Knaben A kein Sportler besonders herausragte, konnte bei der männlichen Jugend B ein Proband (F. F.) als einziger zwei Minuten mit 5 Watt/kg Körpergewicht belastet werden, wobei die Gesamtbelastungszeit zehn Minuten betrug. Ebenso wie bei den ausdauerndsten Bundesligaspielern L. F. (sowohl 1991 als auch 1992 am längsten belastbar und 1992 bei der sportartspezifischen Laufbanduntersuchung sogar im Hochleistungsbereich) sowie O. H. (1991) sollen auch die Werte von F. F. im weiteren Verlauf der Ausarbeitung gesondert betrachtet bzw. aufgeführt werden.

Die *Abbildung 39* zeigt den durchschnittlichen **Kurvenverlauf** der **Herzschlagfrequenz** der **Limburger Hockeyspieler (Knaben A) 1992** in Ruhe, während der Belastung und in der Erholungsphase.

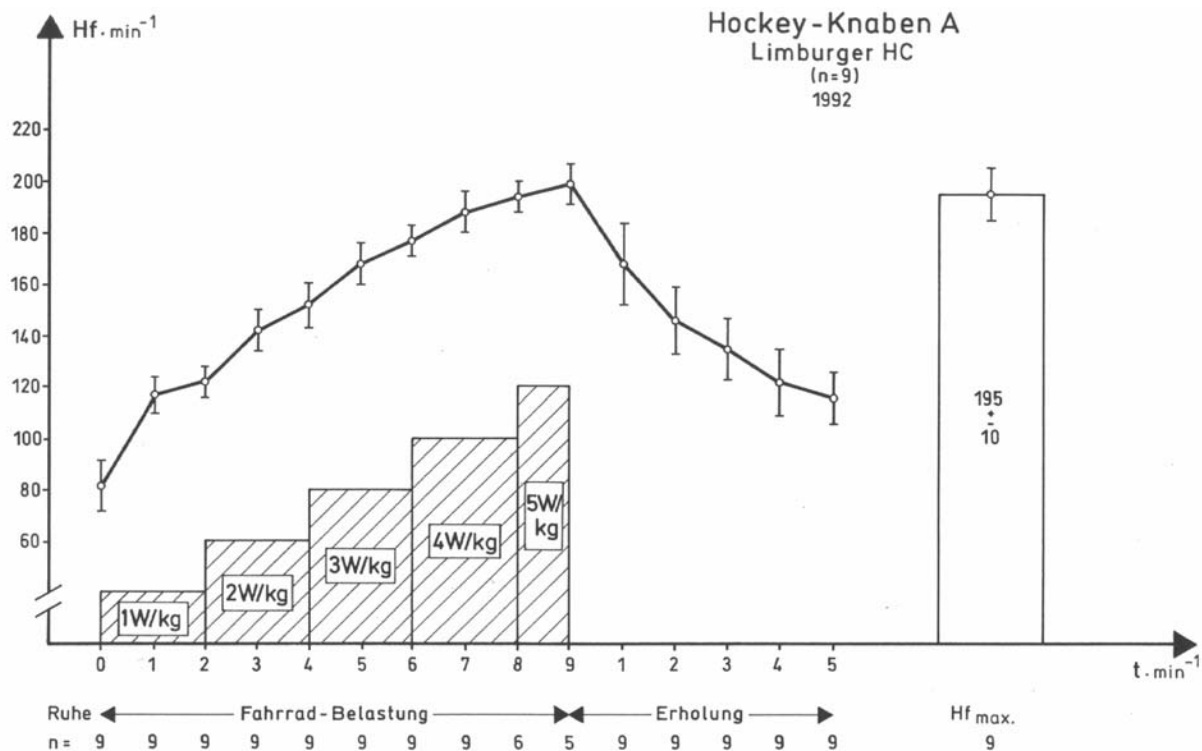


Abb. 39:

*Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Hockeyspielern des Limburger HC (Knaben A) 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode).*

Die durchschnittliche „Vorstart-Herzfrequenz“ der A-Knaben beträgt  **$82 \pm 10$  Schläge/min**. Nach einsetzender Belastung klettert der Mittelwert in der ersten Beanspruchungsminute auf  $117 \pm 7$  Schläge/min und steigt anschließend weiter bis zu einem durchschnittlichen **Maximum** von  **$195 \pm 10$  Schlägen/min**. Den höchsten individuellen Maximalwert hat R. G. mit 210 Schlägen/min, während 174 Schläge/min bei S. K. als niedrigstes Maximum registriert sind.

Nach **Belastungsende** sinkt die Kurve der Nachwuchsspieler kontinuierlich von  $168 \pm 16$  Schlägen/min in der ersten, auf  **$116 \pm 11$  Schläge/min** in der **fünften Erholungsminute** ab. Die niedrigste Pulszahl nach fünfminütiger Erholung hat S. K. (90 Schläge/min), die höchste Herzschlagfrequenz wurde mit 126 Schlägen/min bei D. H. registriert.

Der durchschnittliche **Kurvenverlauf** der **Herzschlagfrequenz** von **Limburger B-Jugend-Hockeyspielern 1992** in Ruhe, während der Belastung und in der Erholungsphase ist in der *Abbildung 40* dargestellt.

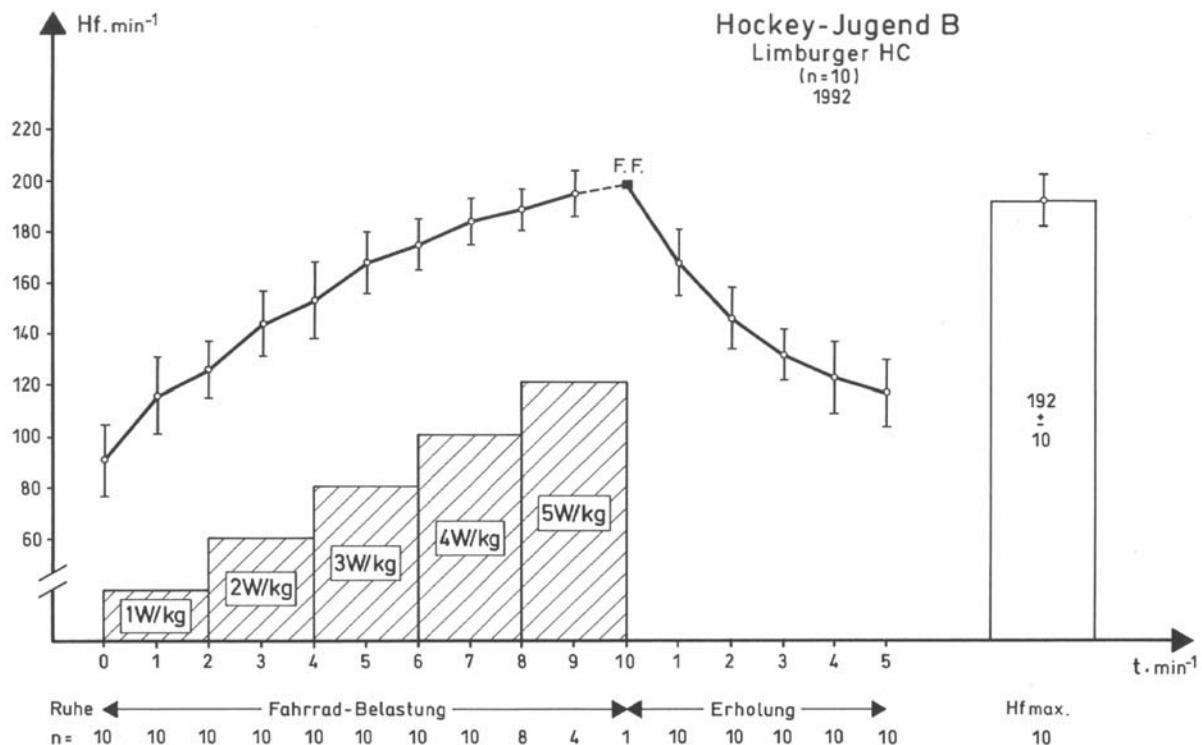


Abb. 40:

*Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Hockeyspielern des Limburger HC (B-Jugend) 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode).*

Die B-Jugendlichen haben eine mittlere **Ruheherzschlagfrequenz** von  **$91 \pm 14$  Schlägen/min**. Mit Belastungsbeginn steigt der Durchschnittswert zunächst auf  $116 \pm 15$  Schläge/min (1. Beanspruchungsminute) und klettert dann weiter bis zu einem **Maximum** von  **$192 \pm 10$  Schlägen/min**. Als höchster individueller Maximalwert werden 207 Schläge/min bei A. L. registriert, und N. P. hat mit 178 Schlägen/min das niedrigste Maximum.

In der **Erholungsphase** fällt die Kurve der Jugendlichen kontinuierlich von  $168 \pm 13$  Schlägen/min, in der ersten Minute nach Belastungsende, auf  **$117 \pm 13$  Schläge/min (5. Minute)** ab. Die niedrigste Herzschlagfrequenz am Ende der Erholungsphase ist mit 97 Schläge/min für C. D. festgehalten, und S. S. hat mit 142 Schlägen/min den höchsten Wert aller Probanden.

F. F. beginnt mit einem Ruhepuls von 82 Schlägen/min, der mit einsetzender Belastung in der ersten Minute auf 94 Schläge/min ansteigt. Seinen Maximalwert erreicht der belastungsfähigste B-Jugendliche in der zehnten und damit letzten Beanspruchungsminute mit 199 Schlägen/min. Zu Beginn der Erholungsphase fällt seine Herzschlagfrequenz auf 181 Schläge/min (1. Minute) ab und sinkt dann kontinuierlich weiter bis auf 113 Schläge/min (5. Erholungsminute).

Tab. 13:

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Herzschlagfrequenz</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. max.</b>	<b>höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>Höchst. E 5</b>
<b>L</b>	76 ± 10	142 ± 8	187 ± 7	161 ± 11	105 ± 9	175 (M. K.)	199 (A. J.)	85 (M. K.)	118 (U. R.)
<b>SL</b>	71 ± 14	129 ± 11	189 ± 6	156 ± 11	114 ± 10	180 (G. M.)	201 (A. J.)	106 (W. B.) (P. K.)	135 (A. J.)
<b>F 1</b>	82 ± 10	117 ± 7	195 ± 10	168 ± 16	116 ± 11	174 (S. K.)	210 (R. G.)	90 (S. K.)	126 (D. H.)
<b>F 2</b>	91 ± 14	116 ± 15	192 ± 10	168 ± 13	117 ± 13	178 (N. P.)	207 (A. L.)	97 (C. D.)	142 (S. S.)

*L = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991, n = 10),*

*SL = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992, n = 8),*

*F 1 = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992, n = 9),*

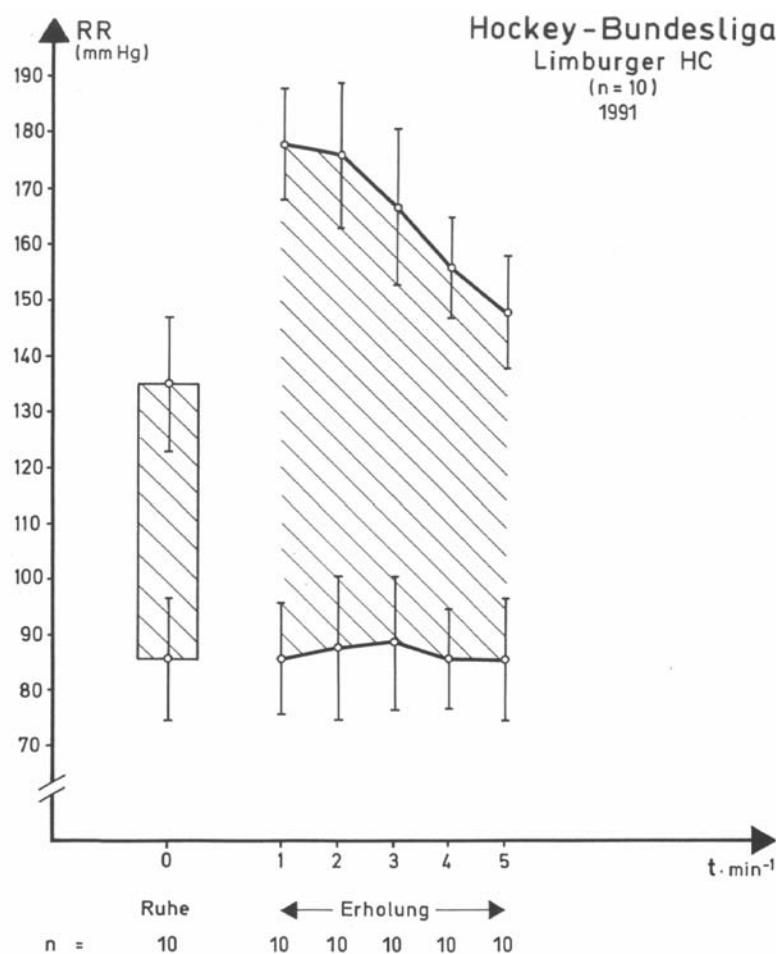
*F 2 = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992, n = 10).*

*Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.*

## 6.2.2 Blutdruck

Aus bereits genannten Gründen konnten die **Blutdruckwerte** der Probanden 1991 während der Beanspruchung auf dem Laufband nicht ermittelt werden. Somit stehen keine Informationen über das Blutdruckverhalten im submaximalen und maximalen Leistungsbereich zur Verfügung. Anders verhält es sich 1992, als die Belastungsunterbrechungen für die Blutdruckmessung geeignet waren. Bei den Knaben A und den Hockeyspielern der B-Jugend wurde nach der **Ruheblutdruckbestimmung** auch am **Ende der zweiten und vierten Belastungsminute** eine **Blutdruckmessung** vorgenommen. Dies ist auf dem Fahrrad leichter möglich als auf dem Laufband, da durch die ruhige Armhaltung am Lenker die Bewegung des Körpers durch die Blutdruckmessung hier wesentlich weniger einschränkt wird als auf dem Laufband. Um aber alle äußeren Faktoren, die eine Beeinträchtigung des Sportlers bieten, möglichst auszuschließen, wurde nach der vierten Belastungsminute auch bei der Fahrraduntersuchung auf eine Blutdruckmessung verzichtet und diese erst in der Erholungsphase fortgesetzt. Allgemein wurden die Blutdruckwerte auf Fünfer- bzw. Zehnerstellen gerundet.

Abbildung 41 zeigt Mittelwerte des **systolischen** und **diastolischen Blutdrucks (RR mm HG)** der **Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1991** in Ruhe und in der Erholungsphase.



**Abb. 41:**

*Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks (RR mm HG) von Bundesliga-Hockeyspielern in Ruhe und in der Erholungsphase nach erschöpfender Laufband-spiroergometrie 1991.*

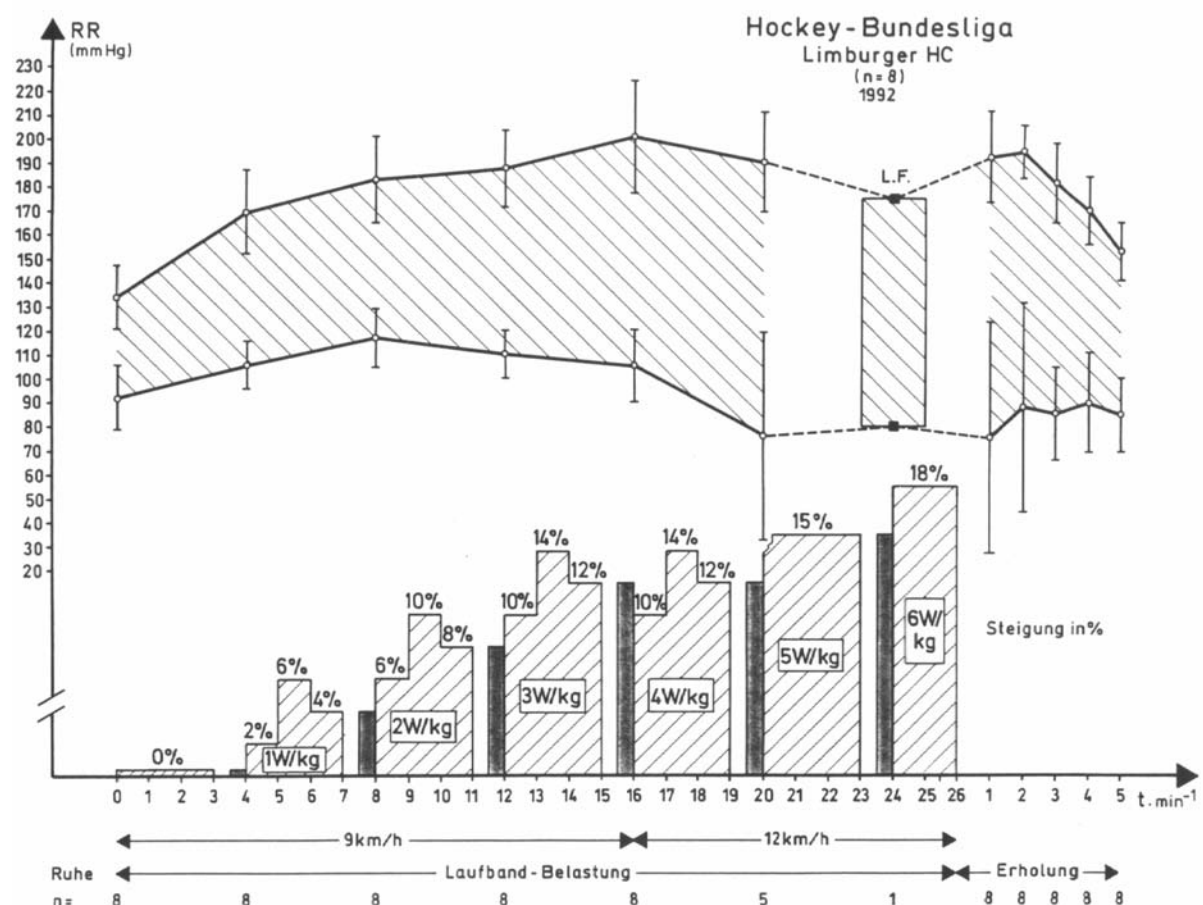


Die Limburger Hockeyspieler haben 1991 einen mittleren **Ruheblutdruck** von **135/85 mm Hg**. Im Anschluss an die maximale ergometrische Ausbelastung auf dem Laufband beträgt der durchschnittliche Blutdruck in der ersten Erholungsminute 180/75 mm Hg. Von der zweiten bis zur fünften Erholungsminute sinkt vor allem der systolische Wert kontinuierlich ab und strebt langsam dem Ausgangswert entgegen. Dagegen weist der durchschnittliche diastolische Wert kaum Veränderungen in den fünf Erholungsminuten auf. Der mittlere **Blutdruck** fällt von 175/80 mm Hg (2. Erholungsminute) auf **150/75 mm Hg (5. Erholungsminute)** ab.

Den niedrigsten Blutdruck nach fünfminütiger Erholung hat W. B. mit 135/70 mm Hg. Der höchste Blutdruckwert in der fünften Erholungsminute ist für A. J. mit 160/100 mm Hg registriert.

L. F. hat mit 150/90 mm Hg den höchsten Ruheblutdruck aller Probanden. Ausgehend von 170/90 mm Hg (1. Erholungsminute) fällt sein Blutdruck in der Erholungsphase auf 145/80 mm Hg (5. Erholungsminute) ab und liegt damit unter seinem Ausgangswert. Der Blutdruck von O. H. beträgt in Ruhe 135/90 mm Hg und erreicht in der Erholungsphase 185/65 mm Hg (1. Erholungsminute) und 160/70 mm Hg nach fünfminütiger Regeneration.

In der *Abbildung 42* sind die Mittelwerte des **systolischen** und **diastolischen Blutdrucks** der **Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1992** in Ruhe, in den sogenannten „Zwischenminuten“ und in der Erholungsphase dargestellt.



**Abb. 42:**

*Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks (RR mm HG) von Bundesliga-Hockeyspielern 1992 in Ruhe, in den „Zwischenminuten“ und in der Erholungsphase nach erschöpfender Ausbelastung nach dem sportartspezifischen Laufbandtest.*

Ein durchschnittlicher **Ruheblutdruck** von **135/90 mm Hg** bildet die Ausgangsbasis bei der **sportartspezifischen Laufbanduntersuchung** 1992. In der ersten Belastungsunterbrechung (4. Minute) ist der Wert auf 170/105 mm Hg angestiegen. Bei den weiteren Messungen in den nächsten „Zwischenminuten“ erreichen die Limburger Bundesligisten folgende **Belastungs-Blutdruckwerte: 185/115 mm Hg** (8. Minute), **190/110 mm Hg** (12. Minute), **200/105 mm Hg** (16. Minute) und **190/75 mm Hg** (20. Minute). Im Anschluss an die maximale ergometrische Ausbelastung auf dem Laufband wird ein mittlerer Blutdruck von 190/75 mm Hg in der ersten Erholungsminute errechnet. Während der systolische Wert in der zweiten Erholungsminute zunächst noch auf 195 ansteigt, sinkt er ab der dritten Minute nach Belastungsende kontinuierlich ab, liegt mit 155 aber noch über dem Ausgangswert. Der diastolische Wert schwankt zwischen 75 (1. Erholungsminute) und 90 (4. Erholungsminute). Der durchschnittliche **Blutdruck** sinkt nach dem Belastungsende von 190/75 mm Hg (1. Erholungsminute) auf **155/85 mm Hg (5. Erholungsminute)**.

Den niedrigsten Ruheblutdruck hat G. M. (120/80 mm Hg), während für O. H. der höchste Ruhewert (160/115 mm Hg) registriert ist. Als niedrigster Maximalwert wird bei L. F. 175/80 mm Hg (24. Minute) gemessen, das höchste Maximum erreicht O. H. mit 240/110 mm Hg (16. Minute). Nach fünfminütiger Erholung hat P. S. mit 135/90 mm Hg den niedrigsten Blutdruckwert und den höchsten C. G. mit 160/85 mm Hg.

Für L. F. sind folgende Blutdruckwerte registriert: 130/75 mm Hg (Ruhe), 160/90 mm Hg (4. Minute), 160/95 mm Hg (8. Minute), 170/100 mm Hg (12. Minute), 170/90 mm Hg (16. Minute) und 170/55 mm Hg (20. Minute). Als einzigem zu diesem Zeitpunkt noch aktiven Läufer konnte bei ihm auch noch in der 24. Minute eine Messung vorgenommen werden, deren Wert 175/80 mm Hg beträgt. Von 180/80 mm Hg (1. Erholungsminute) und 180/85 mm Hg (2. Erholungsminute) sinkt sein Blutdruck auf 155/75 mm Hg kontinuierlich ab, liegt aber noch über seinem Ausgangswert.

Die *Abbildung 43* zeigt die Mittelwerte des **systolischen** und **diastolischen Blutdrucks** der **Knaben A** des **Limburger HC** in Ruhe, während der ersten Belastungsminuten und in der Erholungsphase **1992**.

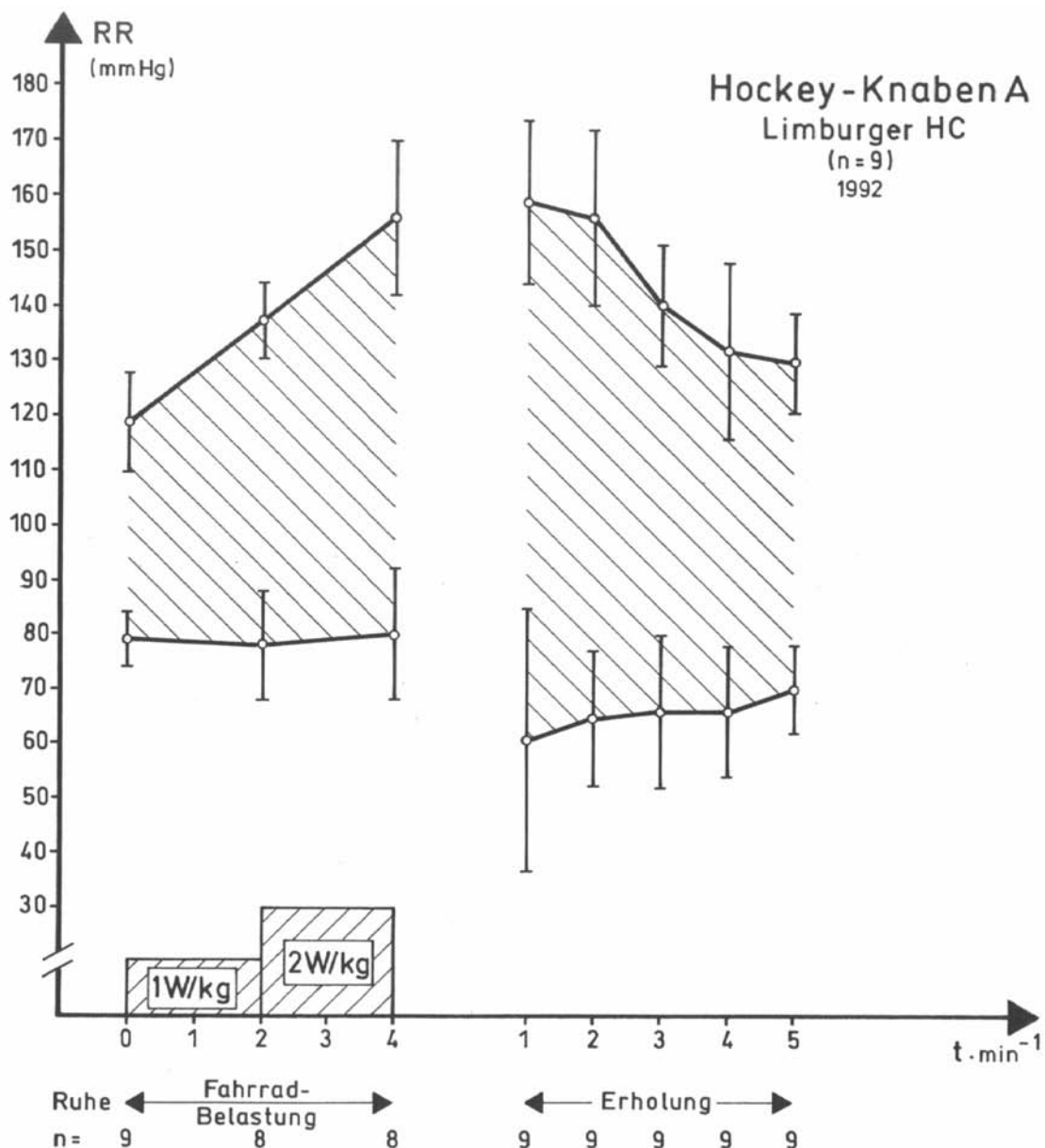
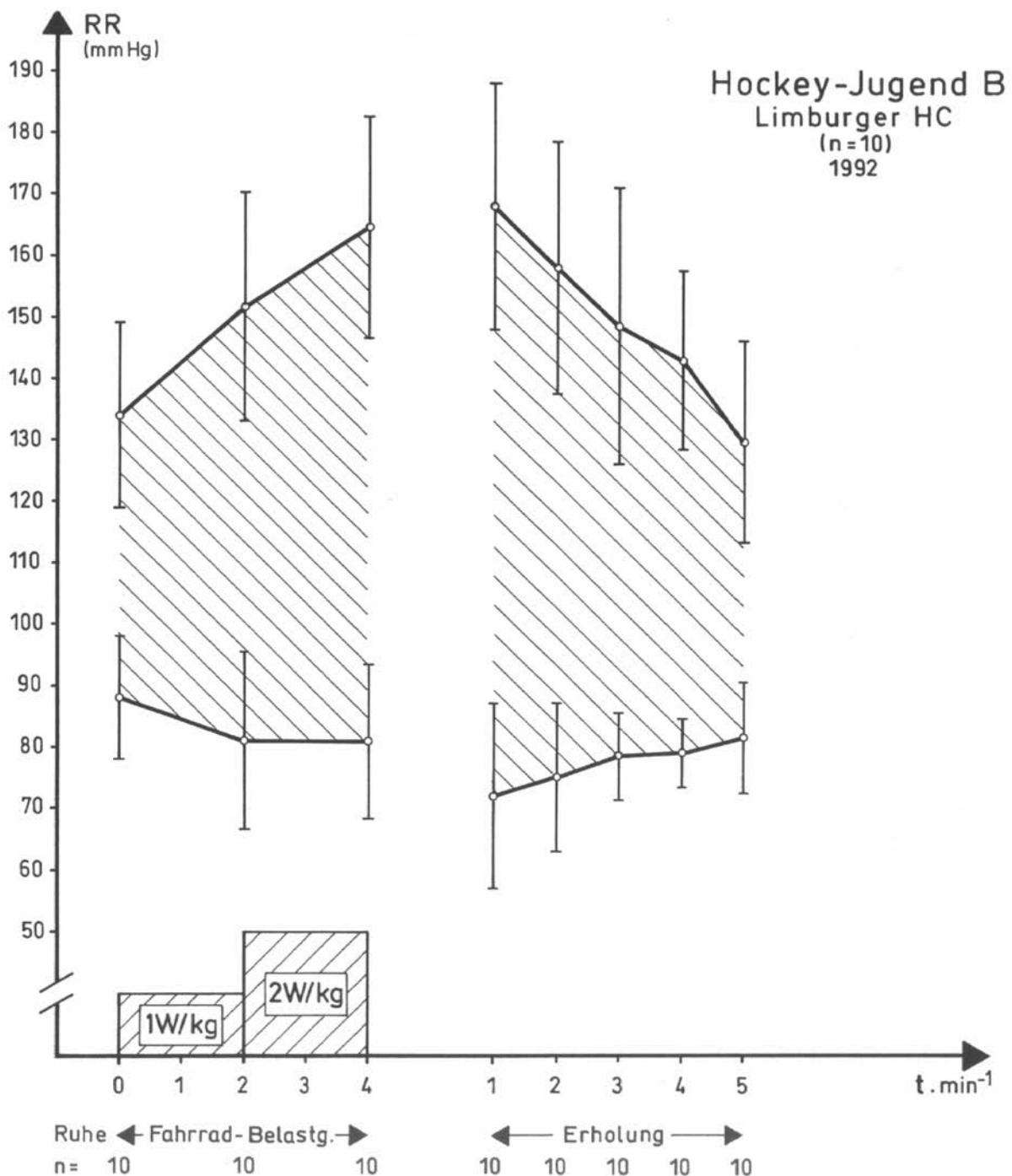


Abb. 43:

Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks (RR mm Hg) von Hockeyspielern (Knaben A des Limburger HC) in Ruhe, während der ersten Belastungsminuten und in der Erholungsphase nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.

Ausgehend von einem mittleren **Ruheblutdruck** von **120/80 mm Hg** bei den Knaben A steigt der Wert in der zweiten Belastungsminute auf 140/80 mm Hg an und erreicht schließlich **155/80 mm Hg (4. Belastungsminute)**. Auffällig ist, dass der mittlere diastolische Druck unverändert bleibt, während der systolische Druck kontinuierlich ansteigt. Im Anschluss an die maximale ergometrische Ausbelastung auf dem Fahrrad beträgt der durchschnittliche Blutdruck in der ersten Erholungsminute 160/60 mm Hg. Bis zur fünften Erholungsminute sinkt vor allem der systolische Wert kontinuierlich ab und strebt langsam dem Ausgangswert entgegen während der durchschnittliche diastolische Wert in der Erholungsphase leicht ansteigt. Nach **fünfminütiger Erholung** beträgt der mittlere **Blutdruck 130/70 mm Hg**.

In der *Abbildung 44* sind die Mittelwerte des **systolischen** und **diastolischen Blutdrucks** der **B-Jugendlichen** des **LHC 1992** sowohl in Ruhe als auch während der ersten Belastungsminuten und in der Erholungsphase dargestellt.



**Abb. 44:**

*Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks (RR mm HG) von Hockeyspielern (männliche B-Jugend des LHC) in Ruhe, während der ersten Belastungsminuten und in der Erholungsphase nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Die Limburger B-Jugend-Spieler haben 1992 einen mittleren **Ruheblutdruck** von **135/90 mm Hg**. Während der Belastung steigt der Mittelwert auf 150/80 mm Hg (2. Belastungsminute) und **165/80 mm Hg (4. Belastungsminute)** an. Nach der maximalen ergometrischen Ausbelastung auf dem Fahrrad beträgt der durchschnittliche Blutdruck in der ersten Erholungsminute 170/70 mm Hg. Anschließend fällt der systolische Druck kontinuierlich ab, während der diastolische Wert noch bis zur dritten Minute nach Belastungsende leicht ansteigt und anschließend konstant bleibt. Der **Blutdruck** erreicht am Ende einen Durchschnittswert von **130/80 mm Hg (5. Erholungsminute)**.

Ausgehend von 130/90 mm Hg als Ruhewert steigt der Blutdruck von F. F. über 140/70 mm Hg (2. Belastungsminute) auf 170/70 mm Hg (4. Belastungsminute) an. Nach 160/60 mm Hg (1. Minute) in der Erholungsphase fällt sein systolischer Wert ab, während der diastolische Druck zunächst konstant bleibt bzw. sich ab der dritten Minute auf 70 erhöht, so dass der Blutdruck nach fünfminütiger Erholung 120/70 mm Hg beträgt.

Im Extremfall kann der Blutdruck laut MELLEROWICZ (1979) nach dem Belastungsende bis zu einem Wert von 0 mm Hg absinken. Dieser als „0-Phänomen“ bezeichnete Blutdruckabfall kann 1991 bei den Limburger Hockeyspielern nicht festgestellt werden. 1992 wird jedoch direkt nach Belastungsende bei den „Sofortwerten“ einiger Bundesliga-, Knaben- und Jugendspieler dieses „0-Phänomen“ registriert. Drei Bundesliga-Spieler weisen dieses Phänomen auch noch in der Erholungsphase auf: A. J. (160/0 mm Hg) und O. H. (200/0 mm Hg) jeweils in der ersten Erholungsminute sowie P. K. (190/0 mm Hg) in der zweiten Erholungsminute. Während bei den Jugendspielern das „0-Phänomen“ im weiteren Verlauf der Erholungsphase nicht auftritt, hat bei den A-Knaben ein Spieler (D. H.) nach einminütiger Erholung einen Blutdruck von 130/0 mm Hg.

## 6.3 Respiratorische Funktionsdiagnostik

### 6.3.1 Atemminutenvolumen

In der folgenden Abbildung ist das Verhalten des *Atemminutenvolumens* ( $AMV l \cdot min^{-1}$  *BTPS*) von den **Bundesliga-Hockeyspielern** des **LHC 1991** bei maximaler Laufarbeit auf dem **Laufband** dargestellt.

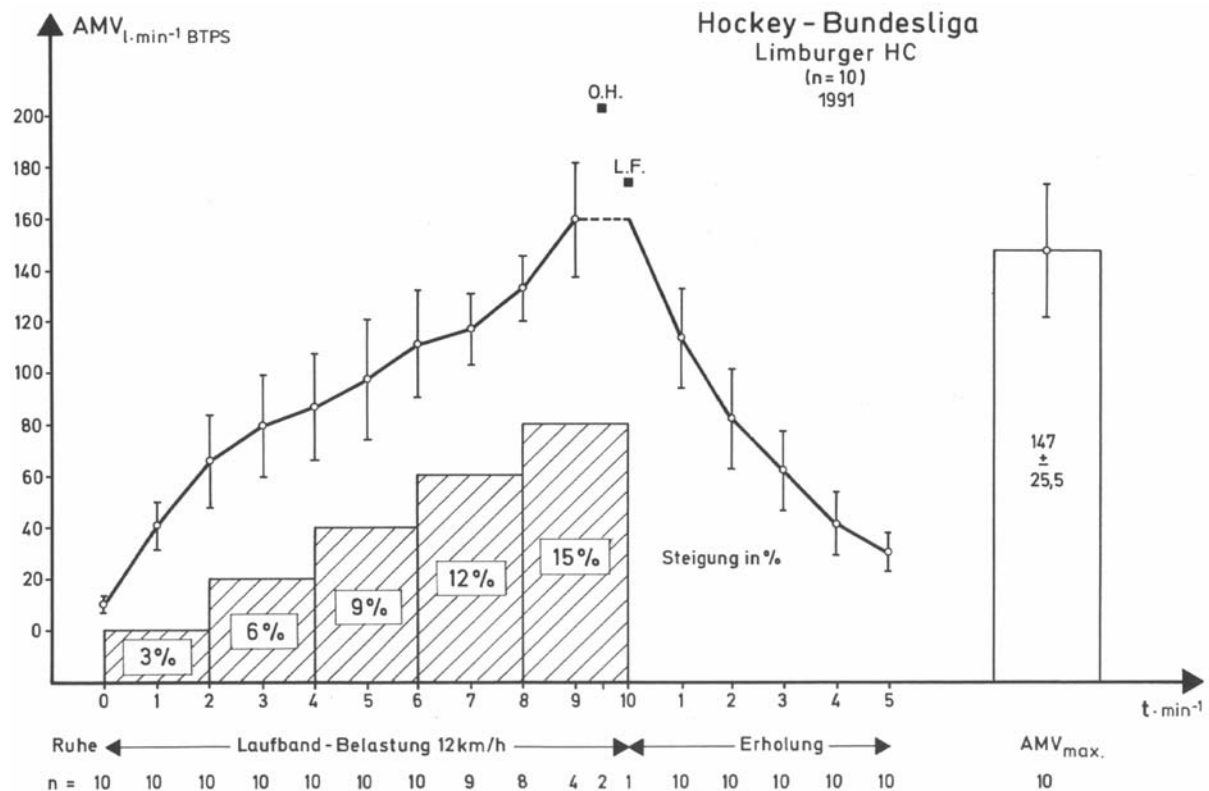


Abb. 45:

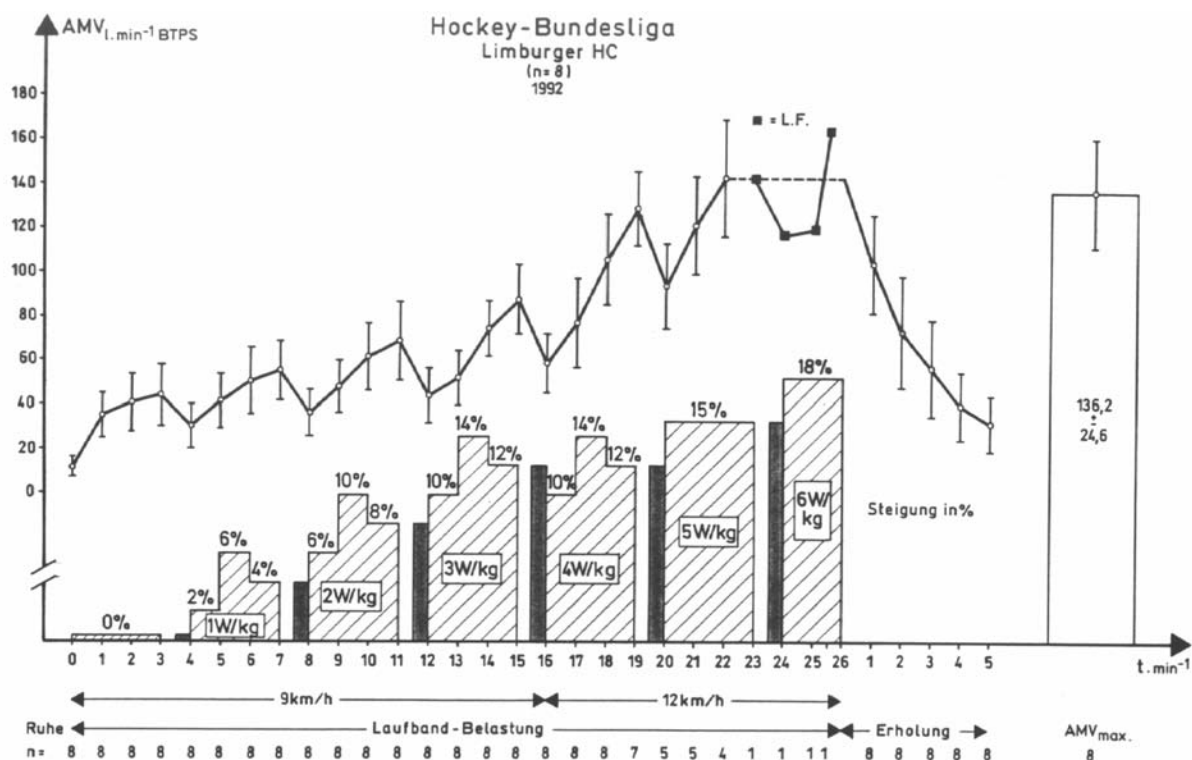
*Mittelwerte des Atemminutenvolumens (AMV l · min<sup>-1</sup> BTPS) von Hockeyspielern aus dem Bundesliga-Bereich 1991 vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem Laufband.*

Vor Beginn der ergometrischen Belastung auf dem Laufband ist für die Probandengruppe 1991 ein mittlerer **Ruhewert** des **Atemminutenvolumens** von **10,4 ± 3,09 l · min<sup>-1</sup> BTPS** registriert. Das höchste AMV in der Vorstartphase beträgt 16,2 l/min BTPS (M. K.), als niedrigster Wert vor Beginn der Beanspruchung ist bei O. H. 6,6 l/min BTPS ermittelt worden.

In der ersten Belastungsminute steigt das durchschnittliche Atemminutenvolumen der Hockeyspieler auf **40,9 ± 9,4 l · min<sup>-1</sup> BTPS** an. Der Höchstwert dieser ersten Belastungsminute beträgt 60,6 l/min BTPS (M. K.), der niedrigste Wert 24,9 l/min BTPS (S. S.). Mit jeder weiteren Belastungsminute erhöht sich das Atemminutenvolumen der Probanden. In der **sechsten Minute** – zu diesem Zeitpunkt sind noch alle Sportler aktiv – wird ein mittleres **Atemminutenvolumen** von **110,5 ± 21,0 l · min<sup>-1</sup> BTPS** erreicht. Der Mittelwert steigt weiter an und erreicht in der achten Belastungsminute (n = 8) **132,6 ± 12,5 l · min<sup>-1</sup> BTPS**. Die letzten vier Sportler haben nach neun Belastungsminuten einen Durchschnittswert von **158,8 ± 22,3 l · min<sup>-1</sup> BTPS**. Die beiden leistungsfähigsten Sportler schaffen 172,8 l/min BTPS (L. F.) und 201,6 l/min BTPS (O. H.). Letzterer erreicht damit den Höchstwert aller Probanden. Den niedrigsten Einzelwert am Belastungsende hat A. J. mit 117,6 l/min BTPS. Der mittlere **Maximalwert** aller zehn Hockeyspieler liegt bei **146,6 ± 25,7 l · min<sup>-1</sup> BTPS**.

In der **Erholungsphase** fällt das mittlere Atemminutenvolumen der Sportler zunächst steil, dann allmählicher ab. In der ersten Erholungsminute beträgt der Mittelwert  $113,0 \pm 19,21 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  (Maximalwert  $158,4 \text{ l/min BTPS}$  von O. H., Minimalwert  $91,2 \text{ l/min BTPS}$  von C. G.). Nach **fünfminütiger Erholung** liegt das **AMV** der Hockeyspieler bei  $30,3 \pm 7,66 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ , wobei  $50,4 \text{ l/min BTPS}$  (O. H.) als Maximum und zweimal  $24,0 \text{ l/min BTPS}$  (C. G. und S. S.) als kleinster Wert registriert sind.

Die **Abbildung 46** zeigt das Verhalten des **Atemminutenvolumens** von den **Limburger Bundesliga-Hockeyspielern** die **1992** nach dem **sportartspezifischen Laufbandtest** untersucht wurden.



**Abb. 46:**

**Mittelwerte des Atemminutenvolumens ( $\text{AMV l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) von Hockeyspielern aus dem Bundesliga-Bereich vor, während und nach erschöpfender Belastung bei einer Untersuchung nach dem sportartspezifischen Laufbandtest 1992.**

Der durchschnittliche **Ruhewert** des **Atemminutenvolumens** der Bundesligisten beträgt 1992  $11,5 \pm 4,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ , wobei für O. H. mit  $18,9 \text{ l/min BTPS}$  das höchste Ruhe-AMV und für A. J. der niedrigste Wert ( $3,0 \text{ l/min BTPS}$ ) vor Beginn der Beanspruchung ermittelt wurde.

Das mittlere Atemminutenvolumen der Probanden steigt in der ersten Belastungsminute auf  $34,95 \pm 10,31 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  an. Als Höchstwert ist in dieser ersten Belastungsminute  $52,2 \text{ l/min BTPS}$  (O. H.) und von A. J.  $14,7 \text{ l/min BTPS}$  als niedrigstes AMV registriert. In

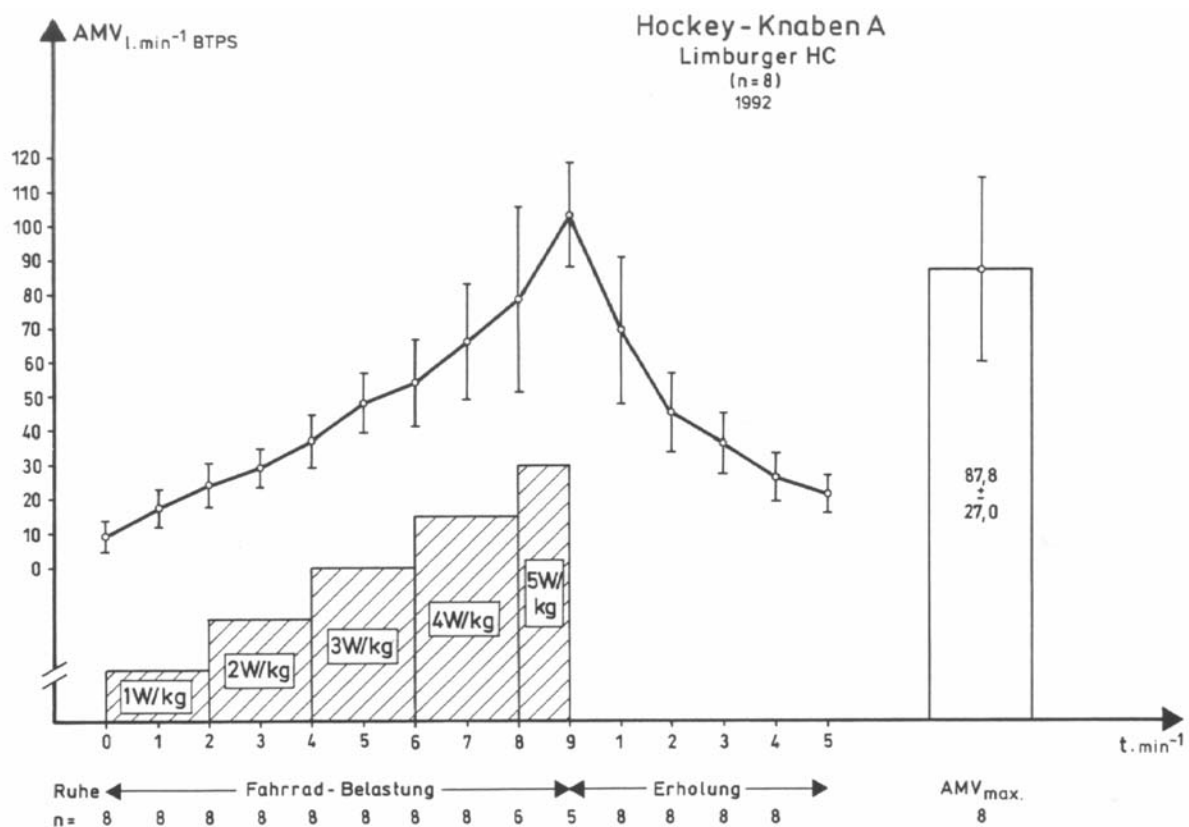
jeder folgenden Belastungsstufe erhöht sich das Atemminutenvolumen der Sportler weiter, wobei immer in den „Zwischenminuten“ und der ersten Minute nach Wiederaufnahme der Belastung ein niedrigerer Wert ermittelt wird, als in der letzten Minute der vorhergehenden Belastungsstufe. In der **achtzehnten Minute** sind noch alle Sportler aktiv, und es wird ein Durchschnittswert von  **$105,45 \pm 20,71 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$**  ermittelt. Am Ende der vierten Belastungsstufe (19. Minute,  $n = 7$ ) wird schließlich ein Mittelwert von  $128,4 \pm 16,81 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  erreicht. Während der nachfolgenden Pause ( $n = 5$ ) sinkt das Atemminutenvolumen noch einmal auf  $93,4 \pm 19,21 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  ab, um anschließend nach Wiederaufnahme der Belastung (21. Minute,  $n = 5$ ) auf  $121,2 \pm 22,01 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  anzusteigen. In der 22. Minute (fünfte Belastungsstufe) sind nur noch vier Sportler aktiv. Diese erreichen einen Mittelwert von  $142,5 \pm 26,61 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ . Insgesamt ergibt sich ein durchschnittlicher **Maximalwert** aller Probanden von  **$136,2 \pm 24,61 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$** . Wie schon im Vorjahr hat erneut O. H. den höchsten Maximalwert, der mit 174,0 l/min BTPS aber deutlich niedriger liegt, als bei der Laufbanduntersuchung 1991 nach der 1 Watt/kg KG-Methode (201,6 l/min BTPS). Als niedrigster Maximalwert werden für W. B. 105,6 l/min BTPS registriert.

Das durchschnittliche Atemminutenvolumen der Sportler sinkt in der **Erholungsphase** zunächst steil, dann allmählicher ab. In der ersten Erholungsminute fällt der Durchschnittswert auf  $103,5 \pm 22,51 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ , mit einem Maximalwert von 129,6 l/min BTPS (P. S.) und einem Minimum von 76,8 l/min BTPS (C. G.). **Fünf Minuten** nach **Belastungsende** ist das mittlere **AMV** der Probanden auf  **$30,9 \pm 14,41 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$**  abgesunken. Mit 60,0 l/min BTPS ist wie schon 1991 für O. H., der auch – wie erwähnt – in beiden Jahren den größten Maximalwert hat, das höchste AMV nach fünfminütiger Erholung registriert, und auch der niedrigste Wert wird mit 20,7 l/min BTPS (C. G.) von dem gleichen Spieler wie im Vorjahr erreicht.

Ausgehend von 14,7 l/min BTPS (Ruhewert) steigt das AMV von L. F. in der ersten Belastungsminute auf 36,3 l/min BTPS an. Am Belastungsende erreicht er einen Maximalwert von 163,2 l/min BTPS (1991 waren es 172,8 l/min). In der ersten Erholungsminute fällt das AMV des Probanden auf 120,0 l/min BTPS ab und sinkt anschließend weiter bis auf 35,4 l/min BTPS (5. Erholungsminute).

In der folgenden Abbildung ist das Verhalten des *Atemminutenvolumens* von Spielern der **Knaben A** des **Limburger HC** bei maximaler Belastung auf dem **Fahrradergometer** aufgezeichnet.





**Abb. 47:**

*Mittelwerte des Atemminutenvolumens (AMV l \* min<sup>-1</sup> BTPS) von Hockeyspielern (Knaben A) des LHC vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem Fahrradergometer 1992.*

Bei den Knaben A ist 1992 vor Beginn der ergometrischen Fahrradbelastung ein mittlerer **AMV-Ruhewert** von **9,3 ± 4,6 l \* min<sup>-1</sup> BTPS** registriert. Mit einsetzender Beanspruchung steigt das durchschnittliche Atemminutenvolumen der Hockeyspieler in der ersten Minute auf **17,7 ± 5,5 l \* min<sup>-1</sup> BTPS** an und klettert dann mit jeder Belastungsminute weiter nach oben. Insgesamt erreichen die acht Nachwuchshockeyspieler ein mittleres **Maximum** von **87,8 ± 27,0 l \* min<sup>-1</sup> BTPS**, wobei für M. P. mit 120,0 l/min BTPS der höchste und für M. N. mit 40,8 l/min BTPS der niedrigste Maximalwert gemessen wurde.

Wie auch bei den erwachsenen Sportlern fällt das durchschnittliche Atemminutenvolumen der Knaben nach Abbruch der Belastung zunächst steil, dann allmählicher ab. In der ersten Erholungsminute beträgt der Mittelwert **69,9 ± 21,5 l \* min<sup>-1</sup> BTPS**. Am Ende der **fünften Erholungsminute** ist das durchschnittliche AMV bei **22,0 ± 5,5 l \* min<sup>-1</sup> BTPS** angelangt. R. G. hat mit 28,5 l/min BTPS das höchste Maximum und M. N., für den auch der niedrigste Maximalwert während der Belastung registriert ist, erreicht mit 10,2 l/min BTPS das kleinste „Erholungs-AMV“.

Die **Abbildung 48** zeigt das Verhalten des **Atemminutenvolumens** von **Hockeyspielern** der **B-Jugend** des **LHC** bei maximaler spiroergometrischer Belastung auf dem **Fahrrad** im Sitzen.

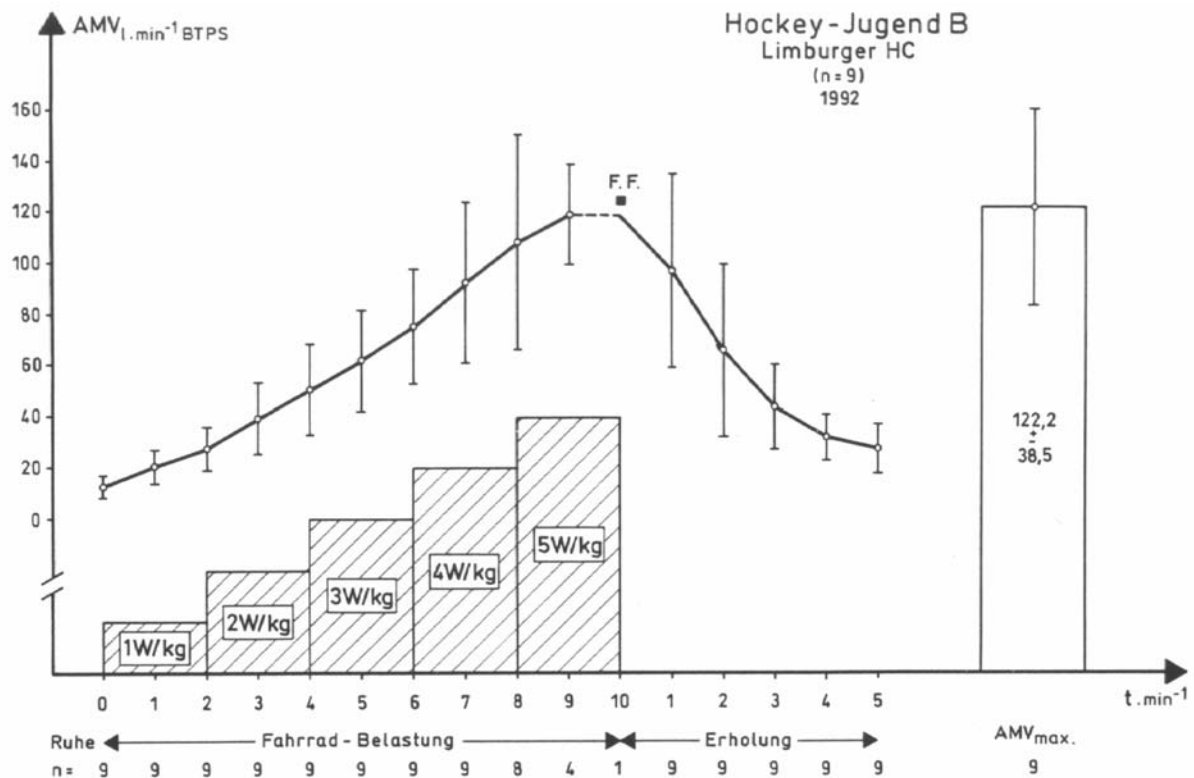


Abb. 48:

*Mittelwerte des Atemminutenvolumens (AMV l \* min<sup>-1</sup> BTPS) von Hockeyspielern (männliche Jugend B) des LHC 1992 vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem Fahrradergometer.*

Die Limburger B-Jugendspieler haben ein durchschnittliches **Ruhe-Atemminutenvolumen** von **12,8 ± 4,2 l \* min<sup>-1</sup> BTPS**. Dieses erhöht sich in der ersten Belastungsminute auf **20,7 ± 6,7 l \* min<sup>-1</sup> BTPS** und steigt anschließend weiter an. Das mittlere **maximale AMV** der neun Probanden beträgt **122,2 ± 38,5 l \* min<sup>-1</sup> BTPS** (Höchstwert 206,4 l/min BTPS von M. S. niedrigstes Maximum 66,6 l/min BTPS von S. J.).

Entsprechend den anderen untersuchten Probandengruppen sinkt auch das mittlere Atemminutenvolumen der B-Jugendlichen in der **Erholungsphase** kontinuierlich ab, von **97,1 ± 37,9 l \* min<sup>-1</sup> BTPS** (1. Erholungsminute) bis auf **27,4 ± 9,7 l \* min<sup>-1</sup> BTPS** (5. **Erholungsminute**). Den höchsten Wert am Ende der Erholung hat T. A. mit 44,4 l/min BTPS, und bei S. J. ist das AMV auf 7,8 l/min BTPS gefallen. Letzterer hatte zuvor auch schon den niedrigsten maximalen Belastungswert

F. F. hat einen Ruhewert von 9,0 l/min BTPS. In der ersten Minute der Beanspruchung steigt sein AMV auf 16,5 l/min BTPS an und erreicht in der zehnten Belastungsminute ein Maximum von 124,4 l/min BTPS. Nach Belastungsende fällt der Wert zunächst auf 117,6 l/min BTPS (1. Erholungsminute) ab und sinkt anschließend weiter bis auf 32,1 l/min BTPS (5. Erholungsminute).

In *Tabelle 14* sind einige Werte des **Atemminutenvolumens** von den untersuchten Hockey-spielern gegenübergestellt:

**Tab. 14:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen des Atemminutenvolumens (AMVl \* min<sup>-1</sup> BTPS) in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Atemminutenvolumen</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. max.</b>	<b>höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	10,4 ± 3,09	40,9 ± 9,4	146,6 ± 25,7	113,0 ± 19,2	30,3 ± 7,66	117,6 (A. J.)	201,6 (O. H.)	24,0 (C. G.) (S. S.)	50,4 (O. H.)
<b>SL</b>	11,5 ± 4,5	34,95 ± 10,3	136,2 ± 24,6	103,5 ± 22,5	30,9 ± 12,5	105,6 (W. B.)	174,0 (O. H.)	20,7 (C. G.)	60,0 (O. H.)
<b>F 1</b>	9,3 ± 4,6	17,7 ± 5,5	87,8 ± 27,0	69,9 ± 21,5	22,0 ± 5,5	40,8 (M. N.)	120,0 (M. P.)	10,2 (M. N.)	28,5 (R. G.)
<b>F 2</b>	12,8 ± 4,2	20,7 ± 6,7	122,2 ± 38,5	97,1 ± 37,9	27,4 ± 9,7	66,6 (S. J.)	206,4 (M. S.)	7,8 (S. J.)	44,4 (T. A.)

*L* = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991, n = 10),

*SL* = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992, n = 8),

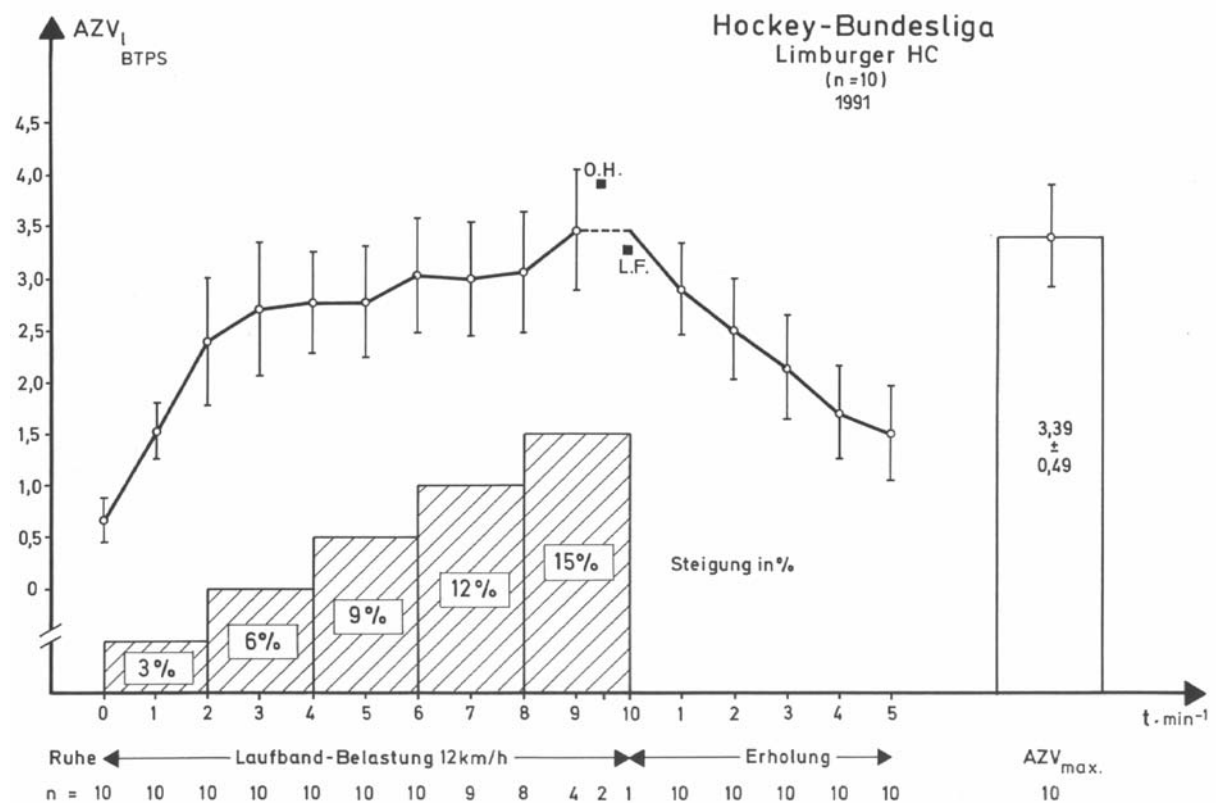
*F 1* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992, n = 9),

*F 2* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992, n = 10).

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.

### 6.3.2 Atemzugvolumen

Die Abbildung 49 zeigt den Verlauf des *Atemzugvolumens* ( $AZV_l \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) der **Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1991** in Ruhe, unter Beanspruchung und zur Zeit der Erholung.



**Abb. 49:**

*Mittelwerte des Atemzugvolumens ( $AZV_l \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) von Hockeyspielern aus dem Bundesligabereich vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1991.*

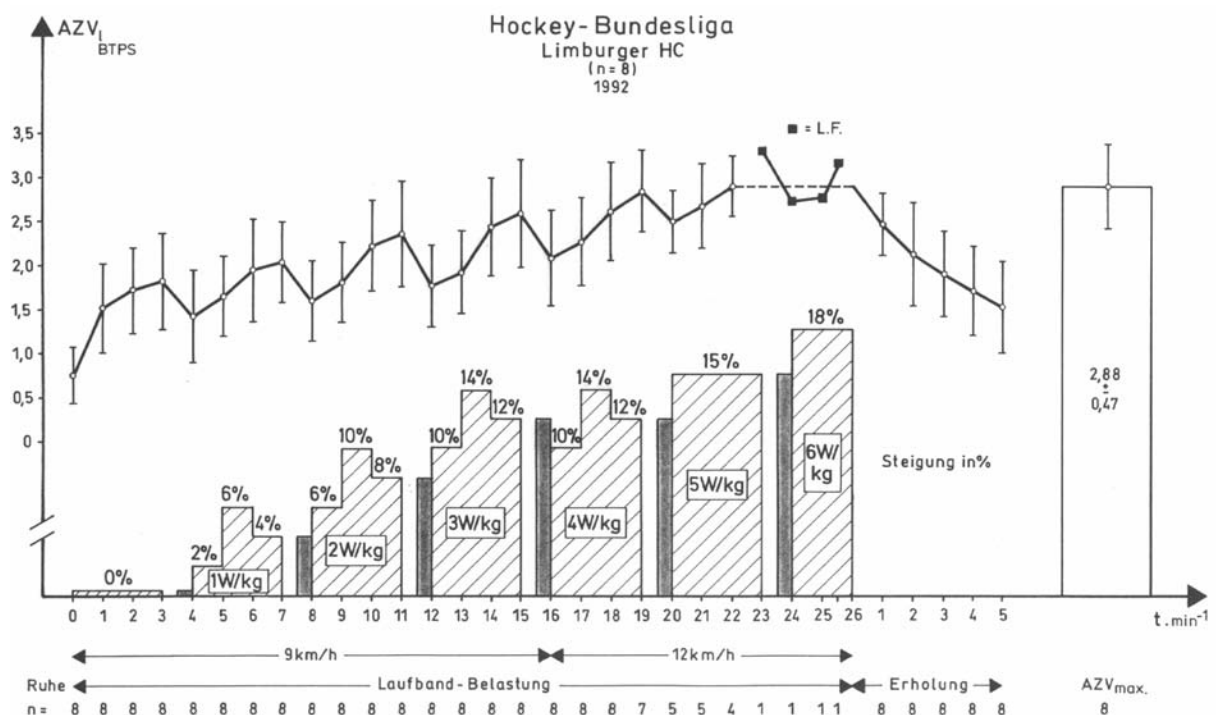
In **Ruhe** erreichen die Limburger Hockeyspieler 1991 ein mittleres **Atemzugvolumen** von  $0,67 \pm 0,22 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ , wobei 0,953 l/min BTPS (M. K.) als Höchstwert und 0,367 l/min BTPS (O. H.) als niedrigster Wert festgehalten sind. Mit einsetzender Belastung erhöht sich der Durchschnittswert in der ersten Minute auf  $1,51 \pm 0,27 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  (Maximalwert 1,882 l/min BTPS von G. M., Minimalwert 0,996 l/min BTPS von S. S.). Bis zur sechsten Minute der Belastung, in der noch alle Probanden aktiv sind, steigt das mittlere **Atemzugvolumen** auf  $3,01 \pm 0,55 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ . Die letzten vier aktiven Untersuchungspersonen haben in der neunten Belastungsminute ein durchschnittliches Atemzugvolumen von  $3,44 \pm 0,59 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ , und die letzten zwei Probanden bringen es in der zehnten Minute auf 3,26 l/min BTPS (L. F.) und 3,877 l/min BTPS (O. H.).

Das durchschnittliche **maximale Atemzugvolumen** aller zehn Hockeyspieler – errechnet aus dem jeweiligen Höchstwert der Probanden – beträgt  $3,39 \pm 0,49 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ . Das individuelle Maximum erreicht O. H. mit 4,364 l/min BTPS in der siebten Belastungsminute. C. G. hat lediglich ein maximales Atemzugvolumen von 2,634 l/min BTPS in der siebten

Minute und somit den niedrigsten Wert. Am Belastungsende, eine Minute später, beträgt sein AZV 2,604 l/min BTPS.

In der ersten Erholungsminute sinkt das durchschnittliche Atemzugvolumen der zehn Probanden auf  $2,87 \pm 0,44 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS, mit einem Maximalwert von  $3,771 \text{ l/min}$  BTPS (O. H.) und einem Minimalwert von  $2,224 \text{ l/min}$  BTPS (C. G.). Im weiteren Verlauf der Erholungsphase fällt das durchschnittliche **Atemzugvolumen** weiter ab und erreicht nach **fünf Minuten** einen Wert von  **$1,5 \pm 0,45 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS**. Der Höchstwert nach fünfminütiger Erholung liegt bei  $2,4 \text{ l/min}$  BTPS (O. H.), als kleinster Wert ist  $1,043 \text{ l/min}$  BTPS für S. S. festgehalten.

In der *Abbildung 50* ist der Verlauf des **Atemzugvolumens** der **Limburger Hockey-Bundesligaspieler** während des **sportartspezifischen Laufbandtests 1992** in Ruhe, unter Beanspruchung und in der Erholungszeit dargestellt.



**Abb. 50:**

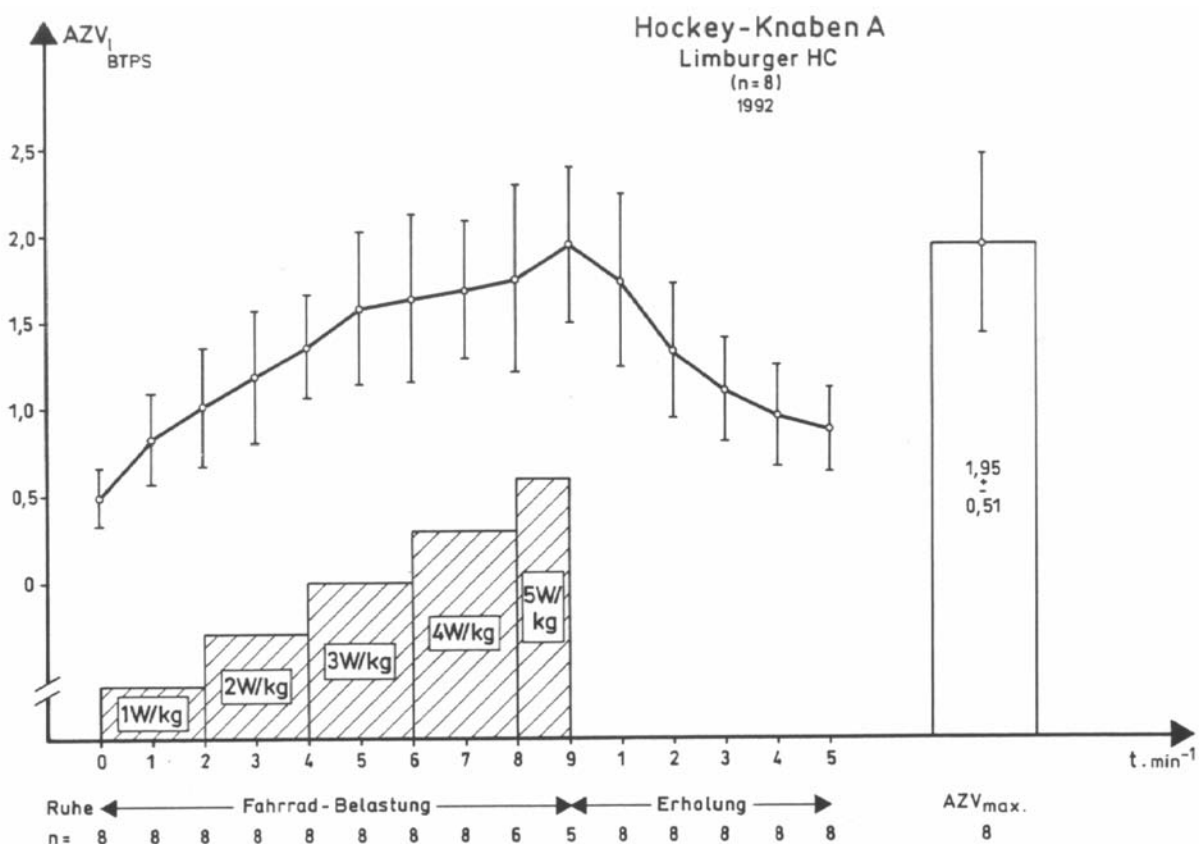
*Mittelwerte des Atemzugvolumens (AZVL \* min<sup>-1</sup> BTPS) von Hockeyspielern aus dem Bundesligabereich vor, während und nach erschöpfender Belastung durch den sportartspezifischen Laufbandtest 1992.*

Der **Ruhe-Ausgangswert** des **Atemzugvolumens** der Limburger Hockeyspieler liegt bei  **$0,75 \pm 0,32 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$** , mit einem Höchstwert von 1,225 l/min BTPS (O. H.) und einem Minimalwert von 0,5 l/min BTPS (P. K.). Nach Belastungsbeginn erhöht sich der Mittelwert in der ersten Minute auf  $1,52 \pm 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  (Maximum 2,1 l/min BTPS von W. B., Minimum 1,25 l/min BTPS von P. K.). In der **18. Minute** – noch sind alle Probanden aktiv – ist der Mittelwert des **AZV** auf  **$2,6 \pm 0,56 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$**  gestiegen, und die vier letzten Probanden erreichen schließlich einen Durchschnittswert von  $2,88 \pm 0,34 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  (22. Minute). Das aus den individuellen Höchstwerten der

Sportler ermittelte durchschnittliche **maximale Atemzugvolumen** aller zehn Hockeyspieler liegt bei  **$2,88 \pm 0,47 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$** . Wie 1991 erreicht auch diesmal O. H. mit 3,832 l/min BTPS den höchsten Maximalwert, der aber deutlich niedriger als sein höchstes AZV bei der Vorjahresuntersuchung (4,364 l/min BTPS) ist. Den niedrigsten Maximalwert hat A. J. (2,472 l/min BTPS).

In der ersten Erholungsminute fällt das mittlere Atemzugvolumen der Bundesligaakteure auf  $2,46 \pm 0,35 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  (Maximalwert 2,814 l/min BTPS von W. B., Minimalwert 1,92 l/min BTPS von C. G.). Im weiteren Verlauf der **Erholungsphase** sinkt dann das durchschnittliche **AZV** der Probanden weiter ab und erreicht schließlich einen Wert von  **$1,51 \pm 0,52 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$**  nach **fünf Erholungsminuten**. Der kleinste Wert ist für C. G. (0,9 l/min BTPS) registriert, und O. H. hat mit 2,5 l/min BTPS fast das gleiche Ergebnis wie 1991, als sein AZV nach fünfminütiger Erholung 2,4 l/min BTPS betrug. In beiden Jahren hat er damit jeweils das höchste Atemzugvolumen bei der letzten Messung in der Erholungsphase.

Das Atemzugvolumen von L. F. beträgt in Ruhe 1,225 l/min BTPS. Nach Belastungsbeginn steigt es zunächst auf 1,815 l/min BTPS (1. Minute) an. Mit 3,293 l/min BTPS erreicht der Proband sein höchstes AZV in der 23. Minute. Am Belastungsende wird ein Wert von 3,138 l/min BTPS registriert, der in der ersten Erholungsminute auf 2,553 l/min BTPS absinkt. Nach fünfminütiger Erholung ist das AZV von L. F. auf 1,609 l/min BTPS gefallen. Die *Abbildung 51* dokumentiert den Verlauf des **Atemzugvolumens** der **Limburger Hockey-Knaben A** in Ruhe, unter Belastung und in der Erholungsphase.



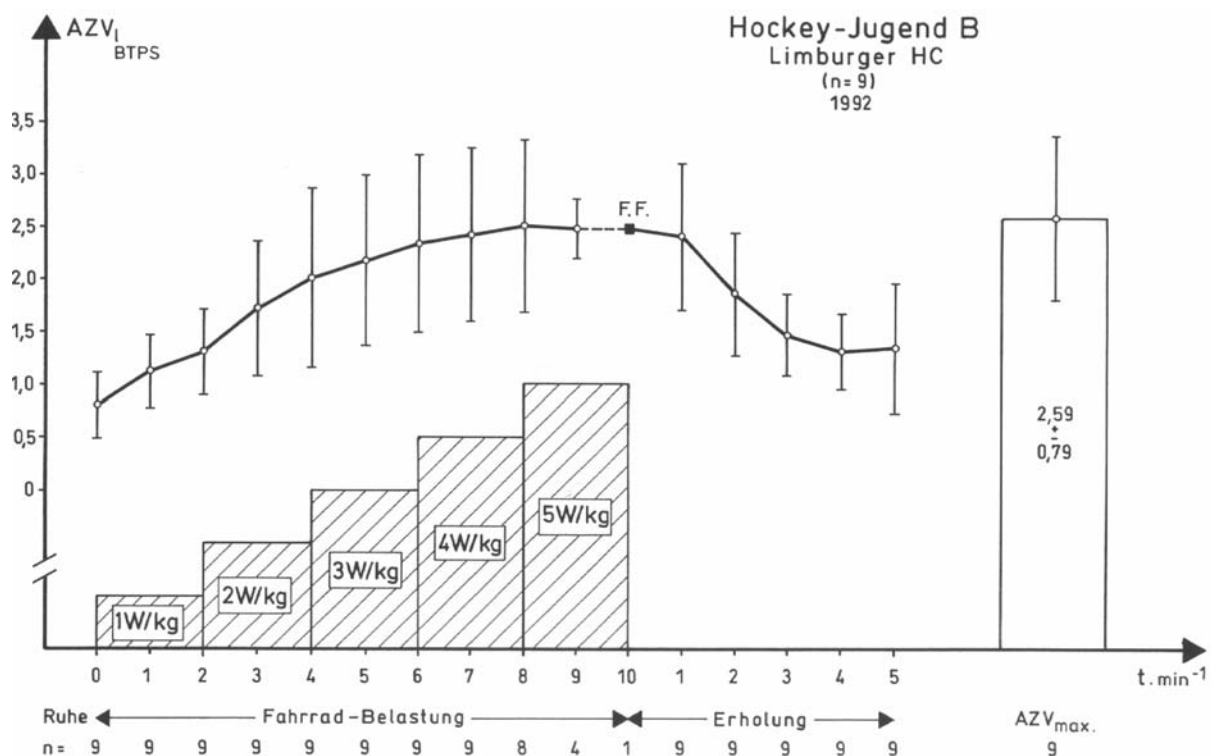
**Abb. 51:**

**Mittelwerte des Atemzugvolumens ( $\text{AZVl} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) von Hockeyspielern (Knaben A) des Limburger HC vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1992.**

Das durchschnittliche **Ruhe-Atemzugvolumen** der Knaben A des LHC liegt bei  $0,49 \pm 0,17 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ . In der ersten Belastungsminute klettert der Wert auf  $0,83 \pm 0,26 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  und steigt dann weiter bis zu einem mittleren **Maximum** von  $1,95 \pm 0,51 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ . R. G. hat mit 2,517 l/min BTPS das größte und M. N. mit 0,971 l/min BTPS das kleinste maximale AZV erreicht.

In der ersten Erholungsminute sinkt das durchschnittliche Atemzugvolumen der acht jungen Untersuchungsteilnehmer zunächst auf  $1,73 \pm 0,51 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ , und fällt schließlich weiter bis auf  $0,88 \pm 0,24 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  in der **fünften Minute** der **Erholungsphase** ab. Der Höchstwert nach fünfminütiger Erholung liegt bei 1,096 l/min BTPS (D. H.), und als geringstes AZV ist dann 0,364 l/min BTPS für M. N. registriert, der auch den niedrigsten maximalen Belastungswert hat.

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf des *Atemzugvolumens* von **B-Jugend Hockeyspielern** des **Limburger HC** in Ruhe, unter Beanspruchung und zur Zeit der Erholung dargestellt.



**Abb. 52:**

*Mittelwerte des Atemzugvolumens ( $AZV_l \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) von B-Jugend Hockeyspielern des LHC vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1992.*

Die Limburger B-Jugendlichen haben in der **Vorstartphase** ein mittleres **Atemzugvolumen** von  $0,81 \pm 0,31 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ . Nach Beginn der Belastung erhöht sich das AZV auf  $1,13 \pm 0,35 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  (1. Minute) und klettert dann weiter kontinuierlich nach oben. Der durchschnittliche **Maximalwert** aller neun Probanden beträgt schließlich  $2,59 \pm 0,79 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ , wobei M. S. mit 4,221 l/min BTPS an der oberen und S. J. mit 1,241 l/min BTPS an der unteren Grenze liegt.

Das durchschnittliche **AZV** der Probanden fällt zunächst auf  $2,41 \pm 0,71 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS (1. Erholungsminute) ab, um dann zuletzt bis auf  **$1,36 \pm 0,62 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS (5. Erholungsminute)** zu sinken. Wie auch beim maximalen Belastungswert hat S. J. am Ende der Erholungsphase mit  $0,433 \text{ l/min}$  BTPS das niedrigste AZV, und T. A. liegt mit  $2,612 \text{ l/min}$  BTPS am höchsten.

F. F. beginnt mit einem Ruhe-Atemzugvolumen von  $0,563 \text{ l/min}$  BTPS, das in der ersten Belastungsminute auf  $0,917 \text{ l/min}$  BTPS ansteigt. Seinen Höchstwert von  $2,693 \text{ l/min}$  BTPS erreicht der Sportler in der vorletzten Minute der Beanspruchung. Am Belastungsende (10. Minute) beträgt sein AZV  $2,488 \text{ l/min}$  BTPS. Von  $2,613 \text{ l/min}$  BTPS (1. Erholungsminute) sinkt der Wert auf  $1,529 \text{ l/min}$  BTPS (5. Erholungsminute) nach dem Belastungsabbruch ab. In der *Tabelle 15* sind einige Werte des **Atemzugvolumens** der untersuchten Hockeyspieler gegenübergestellt:

**Tab. 15:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen des Atemzugvolumens ( $\text{AZV l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Atemzugvolumen</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. max.</b>	<b>Höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	0,67 ± 0,22	1,51 ± 0,27	3,39 ± 0,49	2,87 ± 0,44	1,5 ± 0,45	2,634 (C. G.)	4,364 (O. H.)	1,043 (S. S.)	2,4 (O. H.)
<b>SL</b>	0,75 ± 0,32	1,52 ± 0,5	2,88 ± 0,47	2,46 ± 0,35	1,51 ± 0,52	2,472 (A. J.)	3,832 (O. H.)	0,9 (C. G.)	2,5 (O. H.)
<b>F 1</b>	0,49 ± 0,17	0,83 ± 0,26	1,95 ± 0,51	1,73 ± 0,5	0,88 ± 0,24	0,971 (M. N.)	2,517 (R. G.)	0,364 (M. N.)	1,096 (D. H.)
<b>F 2</b>	0,81 ± 0,31	1,13 ± 0,35	2,59 ± 0,79	2,41 ± 0,7	1,36 ± 0,62	1,241 (S. J.)	4,221 (M. S.)	0,433 (S. J.)	2,612 (T. A.)

*L* = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991,  $n = 10$ ),

*SL* = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992,  $n = 8$ ),

*F 1* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992,  $n = 9$ ),

*F 2* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992,  $n = 10$ ).

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.



### 6.3.3 Atemfrequenz

Die Abbildung 53 zeigt das Verhalten der *Atemfrequenz* ( $Af \cdot \text{min}^{-1}$ ) der Untersuchungsgruppe 1991 in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung.

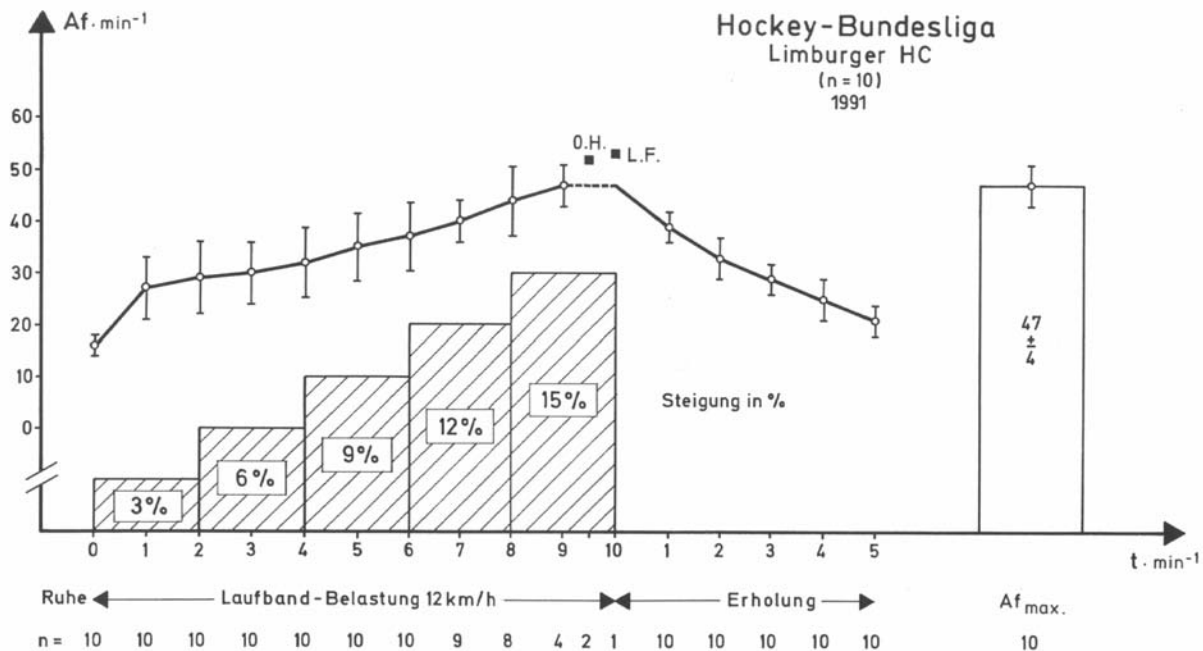


Abb. 53:

*Mittelwerte der Atemfrequenz ( $Af \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Bundesliga-Hockeyspielern des LHC vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1991.*

Die durchschnittliche **Atemfrequenz** der **Hockeyspieler 1991** in **Ruhe** beträgt **16 ± 2 Atemzüge pro Minute**. Als niedrigster Wert sind 13 Atemzüge für A. J. registriert und 18/min bei C. G., O. H., P. S. sowie S. S. als Höchstwert.

Von der ersten Belastungsminute, in der sich die Zahl der Atemzüge auf  $27 \pm 6/\text{min}$  erhöht (Maximalwert 41/min von M. K., Minimalwert 21 von W. B.), bis zur sechsten Minute (n = 10) steigt die Af auf  $37 \pm 5/\text{min}$ . Anschließend erhöht sich die Zahl der Atemzüge weiter. Nach acht Minuten (n = 8) beträgt die mittlere Atemfrequenz  $44 \pm 5/\text{min}$  und in der neunten Minute (n = 4) werden  $47 \pm 4/\text{min}$  Atemzüge gemessen. Die beiden letzten aktiven Probanden haben in der zehnten Belastungsminute eine Atemfrequenz von 52/min (O. H.) bzw. 53/min (L. F.). Letzterer erreicht damit auch die größte Af aller Probanden, während W. B. mit seinem Maximum von 40/min ganz unten rangiert. Insgesamt ist für die zehn Sportler eine **maximale Atemfrequenz** von **47 ± 4/min** registriert, die aus den individuellen Höchstwerten ermittelt wurde.

Nach **Beendigung** der **Belastung** ist ein stetiges Absinken der Atemfrequenzkurve zu verzeichnen. Zunächst fällt der Mittelwert auf  $39 \pm 3/\text{min}$  in der ersten Erholungsminute (Maximalwert 42/min von O. H., Minimalwert 34/min von W. B.) und sinkt bis auf

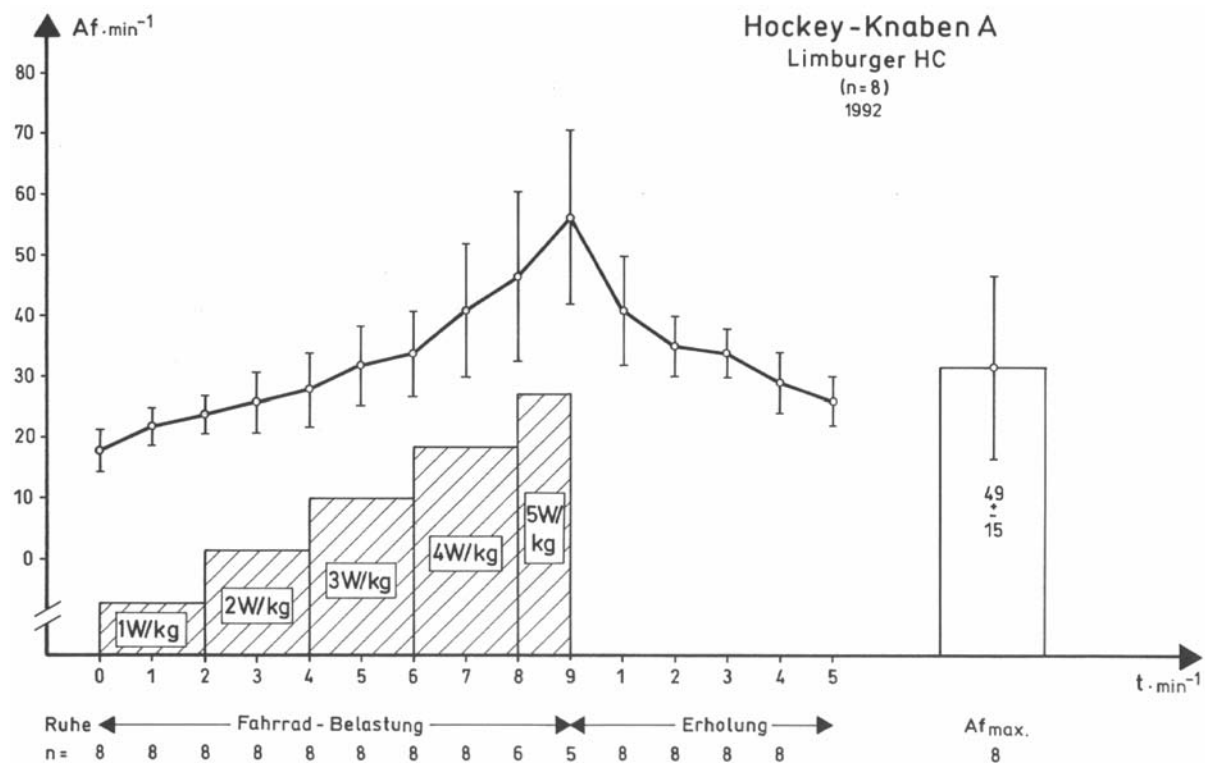


Vorjahresuntersuchung die geringste Zahl an maximalen Atemzügen. Die aus den jeweiligen Höchstwerten errechnete durchschnittliche **maximale Atemfrequenz** beträgt  **$49 \pm 7/\text{min}$** .

Die Atemfrequenzkurve fällt nach **Belastungsabbruch** kontinuierlich ab. Der Mittelwert sinkt in der ersten Erholungsminute auf  $42 \pm 7/\text{min}$  und beträgt nach **fünf Minuten**  **$21 \pm 3/\text{min}$** , was exakt dem Wert aus der Untersuchung 1991 entspricht. Mit 24/min hat O. H. den Höchstwert und wie schon 1991 ist für W. B. (14/min) wieder die niedrigste Atemfrequenz nach fünfminütiger Erholung registriert worden.

L. F. hat einen Ruheausgangswert von 12/min. Nach Belastungsbeginn erhöht sich seine Atemfrequenz auf 20/min (1. Minute) und erreicht kurz vor Belastungsende 52/min. In der Erholungsphase sinkt die Af zunächst auf 47/min (1. Erholungsminute), um dann schließlich auf 22/min zu fallen (5. Minute), womit L. F. noch deutlich über seinem Ruhewert liegt.

Die *Abbildung 55* zeigt das Verhalten der **Atemfrequenz** der **Hockey-Knaben A** des **LHC** in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung.



**Abb. 55:**

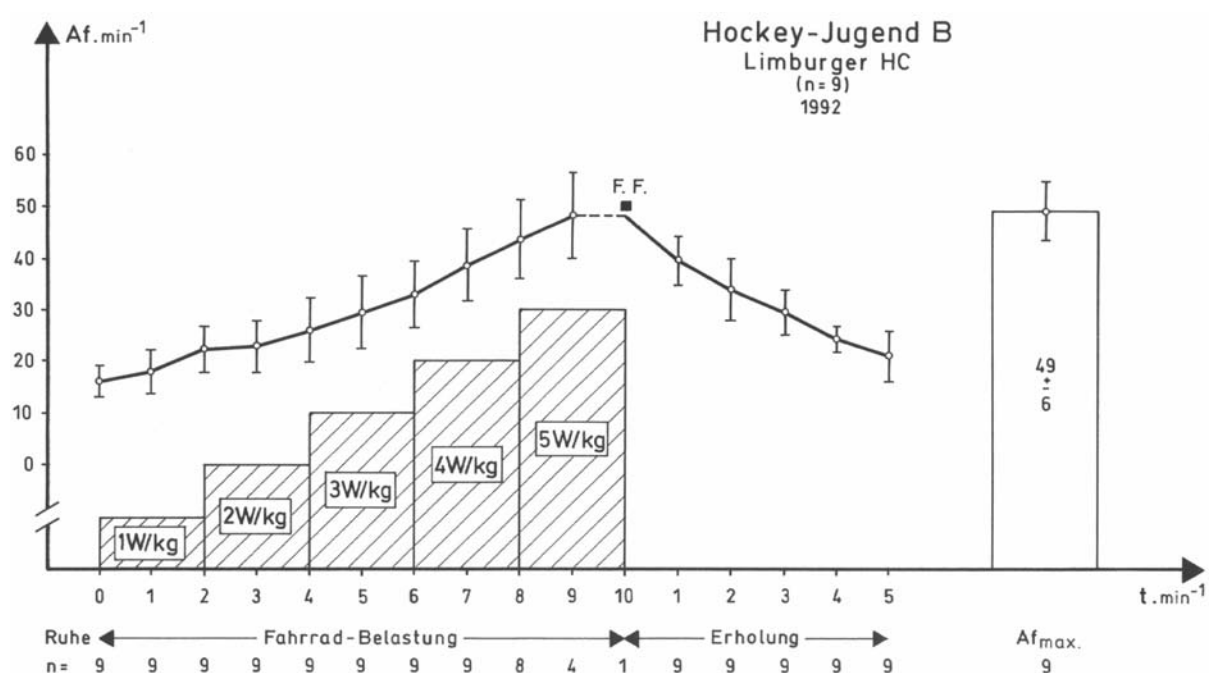
**Mittelwerte der Atemfrequenz ( $Af \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Hockeyspielern (Knaben A) des LHC 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie.**

In der **Ruhephase** beträgt die durchschnittliche **Atemfrequenz** der Nachwuchshockeyspieler  **$18 \pm 4$  Atemzüge pro Minute**. Mit Beginn der Belastung klettert die Af-Zahl auf  $22 \pm 3/\text{min}$  (1. Minute), um anschließend weiter anzusteigen. Die acht Probanden erreichen schließlich einen mittleren **Maximalwert** von  **$49 \pm 15/\text{min}$** . Dabei ist die Streuung und damit die

Standardabweichung sehr groß. Die Spanne reicht von maximal 29/min (S. B.) bis 80/min (M. P.).

Nach **Beendigung** der **Fahrradbelastung** ist ein stetiges Absinken der Atemfrequenzkurve dokumentiert. Zunächst fällt der Durchschnittswert auf  $41 \pm 9/\text{min}$  (1. Erholungsminute) und sinkt anschließend weiter bis auf  $26 \pm 4/\text{min}$  nach **fünf Minuten** Pause, womit die Af damit über dem Ruheausgangswert liegt. Die höchste Zahl der Atemzüge nach fünfminütiger Erholung weist D. B. auf (30/min), und für S. B., der auch schon den kleinsten maximalen Belastungswert hat, ist mit 18/min die niedrigste Af registriert.

Das Verhalten der **Atemfrequenz** der untersuchten **B-Jugend Hockeyspieler** des **LHC** in Ruhe, unter Belastung und während der Erholung ist in **Abbildung 56** dargestellt.



**Abb. 56:**

*Mittelwerte der Atemfrequenz ( $Af \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Hockeyspielern (männliche Jugend B) des LHC vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Die **Atemfrequenz** der B-Jugendsspieler liegt in der **Ruhephase** bei durchschnittlich  $16 \pm 3$  **Atemzügen** in der **Minute**. Mit einsetzender Belastung erhöht sich die Atmung in der ersten Minute auf  $19 \pm 4/\text{min}$  und klettert danach weiter. Das errechnete mittlere **Maximum** aller Probanden liegt schließlich bei  $49 \pm 6/\text{min}$  und entspricht damit den Maximalwerten der Bundesligaspieler (1992) sowie der Knaben A. Lediglich im Bereich der Standardabweichung finden sich Unterschiede. Die größte Af hat S. S. mit 58/min, während für T. A. das kleinste Maximum (40/min) festgehalten ist.

In der **Erholungsphase** sinkt die **Atemfrequenz** in der ersten Erholungsminute schnell auf  $40 \pm 5/\text{min}$ , um dann weiter auf  $21 \pm 5/\text{min}$  nach der **5. Erholungsminute**) abzufallen. Am

Ende dieser fünfminütigen Erholungszeit hat S. S. mit 33/min den Höchstwert, und für T. A. sowie M. S. ist die kleinste Zahl an Atemzügen (17/min) registriert. Sowohl S. S. als auch T. A. haben ebenfalls den höchsten bzw. niedrigsten maximalen Belastungswert.

Der ausdauerndste Jugendspieler F. F. hat eine Ruhe-Atemfrequenz von 16/min, die in der ersten Belastungsminute lediglich auf 18 ansteigt. Am Belastungsende beträgt die Zahl seiner Atemzüge jedoch 50/min. In der ersten Erholungsminute sinkt die Zahl auf 45/min ab und beträgt am Ende 21/min.

Die *Tabelle 16* zeigt einige **Atemfrequenzwerte** der untersuchten Hockeyspieler:

**Tab. 16:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Atemfrequenz ( $Af \cdot \text{min}^{-1}$ ) in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Atemfrequenz</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. max.</b>	<b>höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	16 ± 2	27 ± 6	47 ± 4	39 ± 3	21 ± 3	40 (W. B.)	53 (L. F.)	16 (W. B.)	28 (U. R.)
<b>SL</b>	16 ± 5	24 ± 3	49 ± 7	42 ± 7	21 ± 3	35 (W. B.)	59 (P. K.)	14 (W. B.)	24 (O. H.)
<b>F 1</b>	18 ± 4	22 ± 3	49 ± 15	41 ± 9	26 ± 4	29 (S. B.)	80 (M. P.)	18 (S. B.)	30 (D. B.)
<b>F 2</b>	16 ± 3	19 ± 4	49 ± 6	40 ± 5	21 ± 5	40 (T. A.)	58 (S. S.)	17 (T. A.) (M. S.)	33 (S. S.)

*L* = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991, n = 10),

*SL* = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992, n = 8),

*F 1* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992, n = 9),

*F 2* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992, n = 10).

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.

## 6.4 Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik

### 6.4.1 Absolute Sauerstoffaufnahme

Die Abbildung 57 zeigt den mittleren Kurvenverlauf der *absoluten Sauerstoffaufnahme* ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) der Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1991.

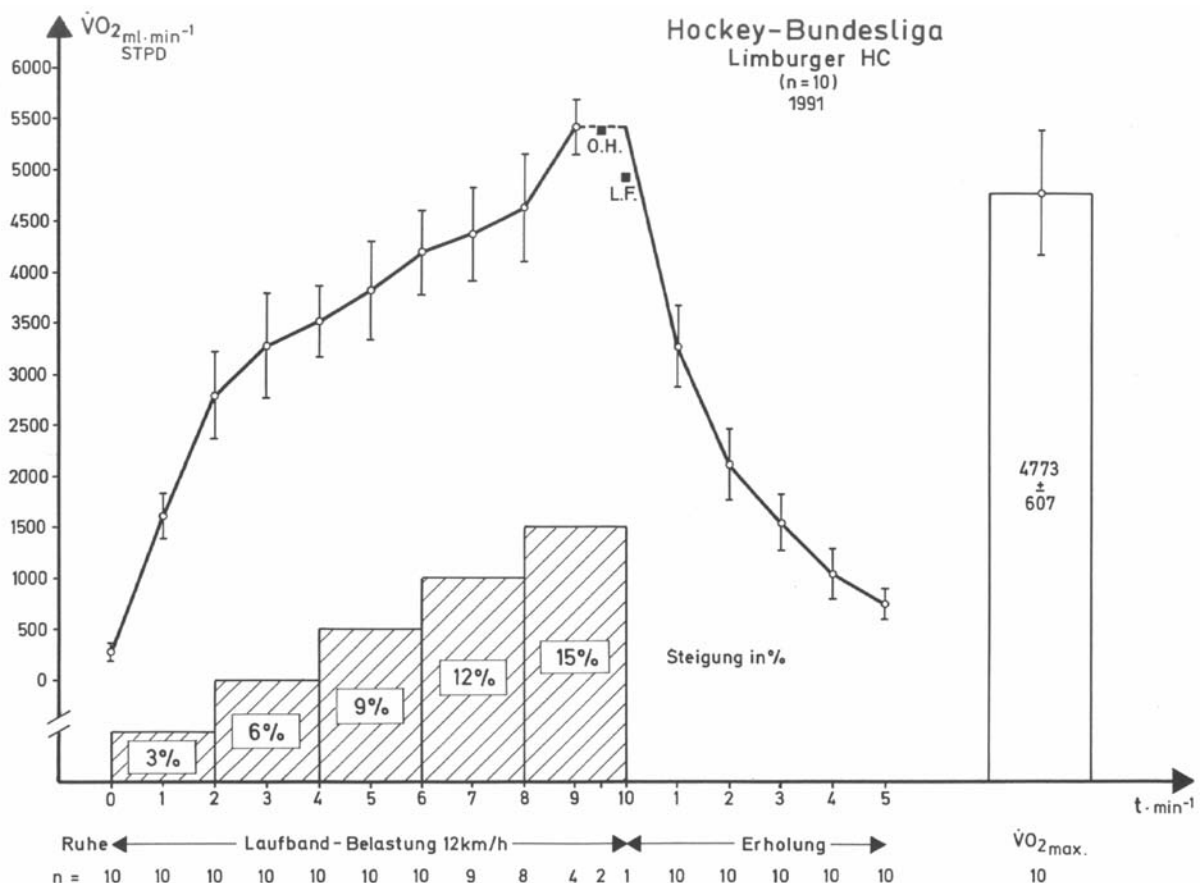


Abb. 57:

Mittelwerte der absoluten Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von Bundesliga-Hockeyspielern in Ruhe, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1991.

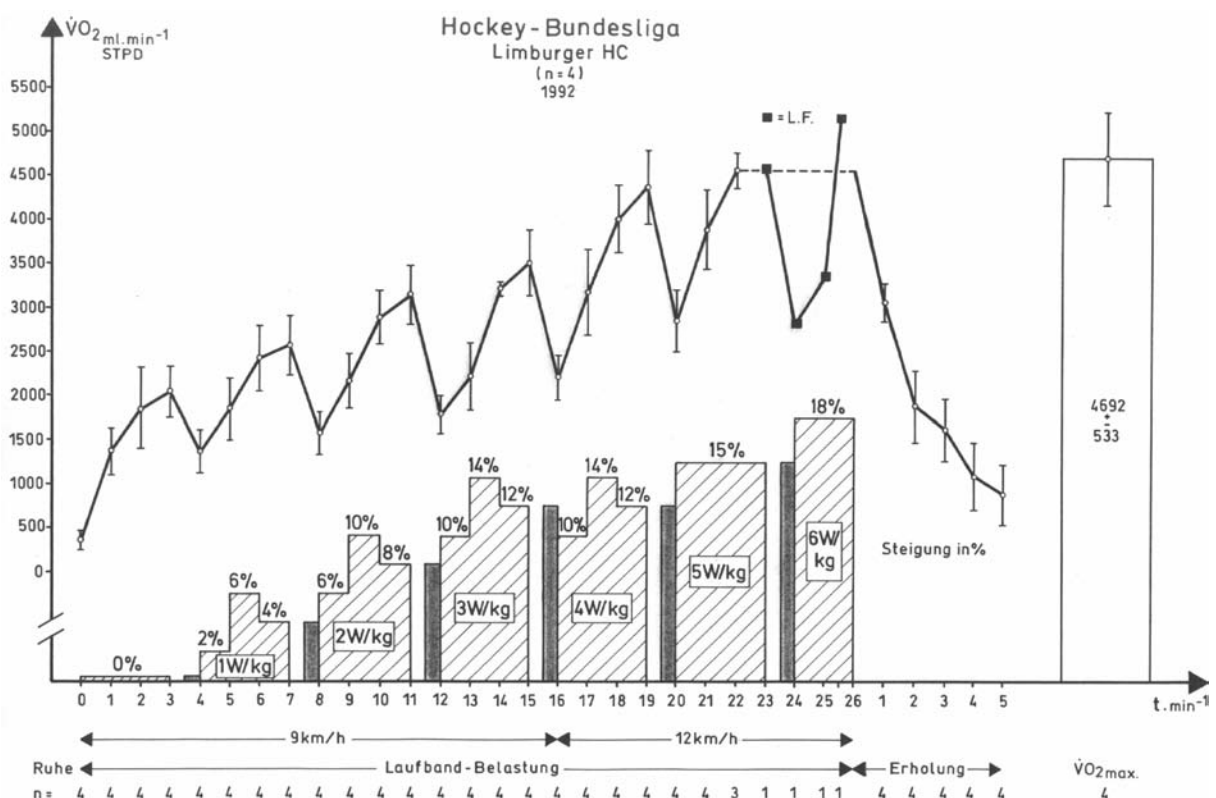
Ausgehend von  $271 \pm 93 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  als mittlerem **Ruhewert** (Maximalwert 391 ml/min STPD von C. G., Minimalwert 141 ml/min STPD von A. J.) steigt die **absolute Sauerstoffaufnahme** der Hockeyspieler in der ersten Belastungsminute auf  $1615 \pm 226 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  an. Als Höchstwert dieser Minute ist eine Sauerstoffaufnahme von 1897 ml/min STPD bei U. R. und als niedrigstes Ergebnis 1222 ml/min STPD (S. S.) registriert. Bis zur sechsten Minute – noch sind alle Probanden aktiv – erhöht sich die durchschnittliche absolute Sauerstoffaufnahme auf  $4198 \pm 409 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  und steigt weiter auf  $4630 \pm 531 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (n = 8) in der achten Minute. Eine Minute später (n = 4)

wird ein Durchschnittswert von  $5416 \pm 271 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  erreicht. Die beiden letzten Probanden beenden die Belastung in bzw. nach der zehnten Minute mit einer absoluten Sauerstoffaufnahme von  $5388 \text{ ml/min STPD}$  (O. H.) bzw.  $4927 \text{ ml/min STPD}$  (L. F.). Beide haben in der neunten Minute höhere Werte: L. F.  $5091 \text{ ml/min STPD}$  und O. H.  $5754 \text{ ml/min STPD}$ . Letzterer erreicht damit den höchsten Maximalwert der zehn Probanden. A. J. hat mit  $4041 \text{ ml/min STPD}$  die geringste maximale Sauerstoffaufnahme, die er eine Minute vor seinem Belastungsende erreicht.

Das durchschnittliche **Maximum** der **absoluten O<sub>2</sub>-Aufnahme** aller Hockeyspieler, errechnet aus den individuellen Höchstwerten, beträgt **4773 ± 607 ml \* min<sup>-1</sup> STPD**.

In der ersten Erholungsminute sinkt die Kurve zunächst auf  $3269 \pm 402 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  ab (Maximalwert  $3853 \text{ ml/min STPD}$  von U. R., Minimalwert  $2639 \text{ ml/min STPD}$  von A. J.) und fällt dann weiter bis auf  **$756 \pm 148 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$**  nach **fünf Minuten Erholung**. Der höchste Wert nach den fünf Erholungsminuten liegt bei  $1102 \text{ ml/min STPD}$  (O. H.), während C. G. mit  $587 \text{ ml/min STPD}$  den niedrigsten Wert der absoluten Sauerstoffaufnahme erreicht.

In der *Abbildung 58* ist der mittlere **Kurvenverlauf** der *absoluten Sauerstoffaufnahme* von den **1992** auf dem **Laufband** untersuchten **Bundesliga-Hockeyspielern** dargestellt.



**Abb. 58:**

*Mittelwerte der absoluten Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von Bundesliga-Hockeyspielern des LHC in Ruhe, während und nach erschöpfender Ausbelastung mit dem sportartspezifischen Laufbandtest 1992.*

Die Limburger Bundesligaspieler haben 1992 einen durchschnittlichen **Ruhewert** von  **$367,5 \pm 110 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$** , mit einem Maximalwert von 499 ml/min STPD (L. F.) und 270 ml/min STPD (P. S.) als kleinstem Wert. Nach Belastungsbeginn (1. Minute) erhöht sich die absolute Sauerstoffaufnahme der Probanden auf  $1379 \pm 272 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (Höchstwert 1623 ml/min STPD von O. H. und niedrigstes Ergebnis 1052 ml/min STPD von P. K.). In der 22. Minute ( $n = 3$ ) ist die mittlere absolute Sauerstoffaufnahme auf  $4557 \pm 203 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  geklettert, und L. F. erreicht als letzter aktiver Proband am Ende 5140 ml/min STPD. Dies ist auch der größte Maximalwert, der während der Untersuchung erreicht wird, während P. S., dessen Belastungsmaximum bei 3927 ml/min STPD liegt, ganz unten rangiert. Aus den einzelnen Höchstwerten errechnet sich wieder das durchschnittliche **Maximum** aller Probanden. Dieses beträgt  **$4692 \pm 533 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$** .

Die absolute Sauerstoffaufnahme in der ersten Erholungsminute liegt bei  $3057 \pm 217 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Die Kurve fällt weiter ab und endet schließlich bei  **$881,5 \pm 343 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$**  nach **fünfminütiger Erholung**. P. S, der auch schon den kleinsten maximalen Belastungswert hat, ist am Schluss dieser Erholungsphase mit 628 ml/min STPD am unteren Ende der Vergleichsgruppe zu finden, und O. H. hat wie schon im Vorjahr fünf Minuten nach Belastungsabbruch die höchste absolute Sauerstoffaufnahme (1374 ml/min STPD).

499 ml/min STPD ist der Ruhewert von L. F. In der ersten Belastungsminute klettert seine absolute Sauerstoffaufnahme auf 1261 ml/min STPD, und mit 5140 ml/min STPD am Belastungsende erreicht er – wie zuvor erwähnt – den höchsten Maximalwert aller Probanden. Seine Sauerstoffaufnahme sinkt in der ersten Erholungsminute auf 2907 ml/min STPD und fällt weiter bis auf 858 ml/min STPD (5. Minute).

*Abbildung 59* präsentiert den durchschnittlichen **Kurvenverlauf** der *absoluten Sauerstoffaufnahme* der **Limburger Knaben A.**



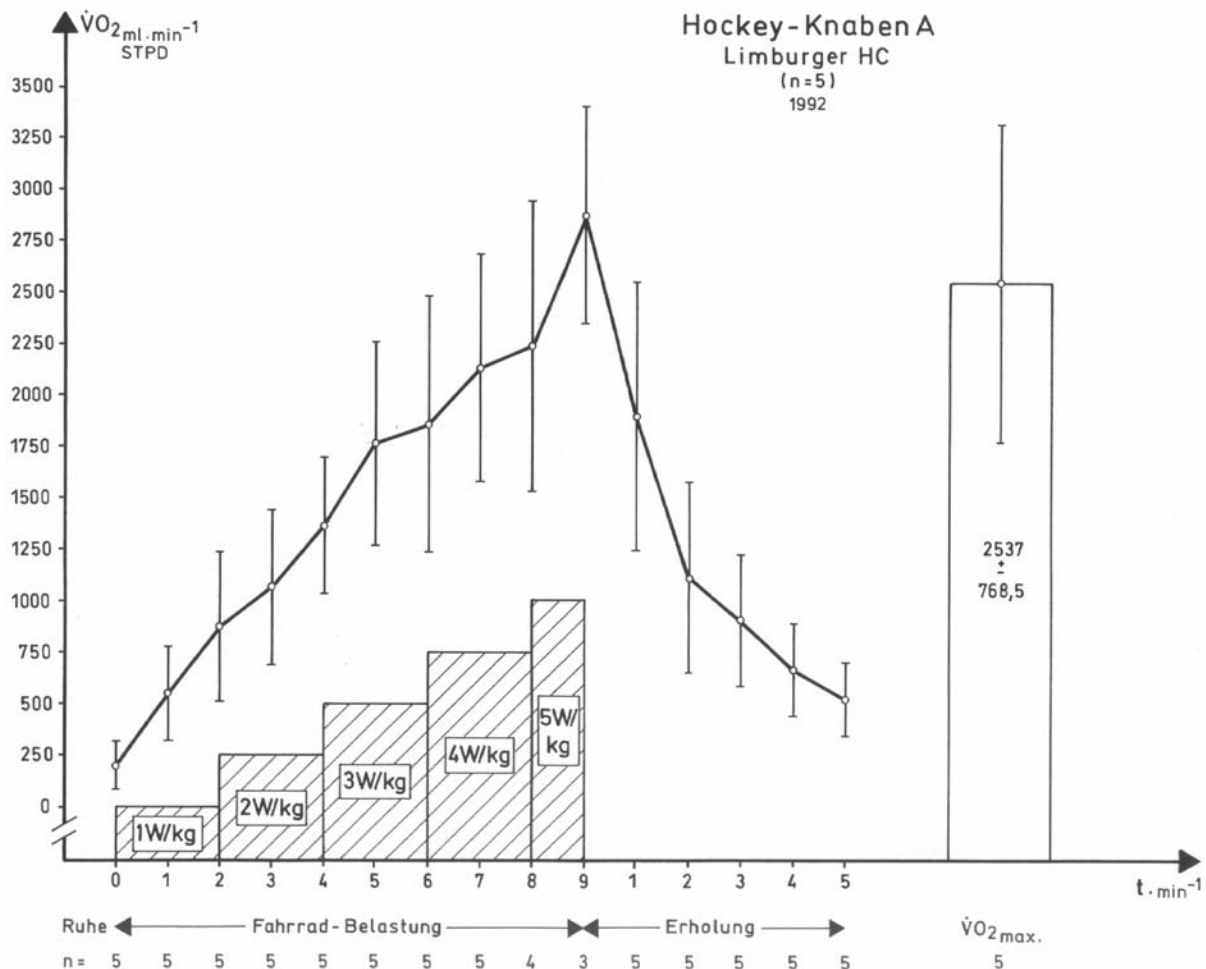


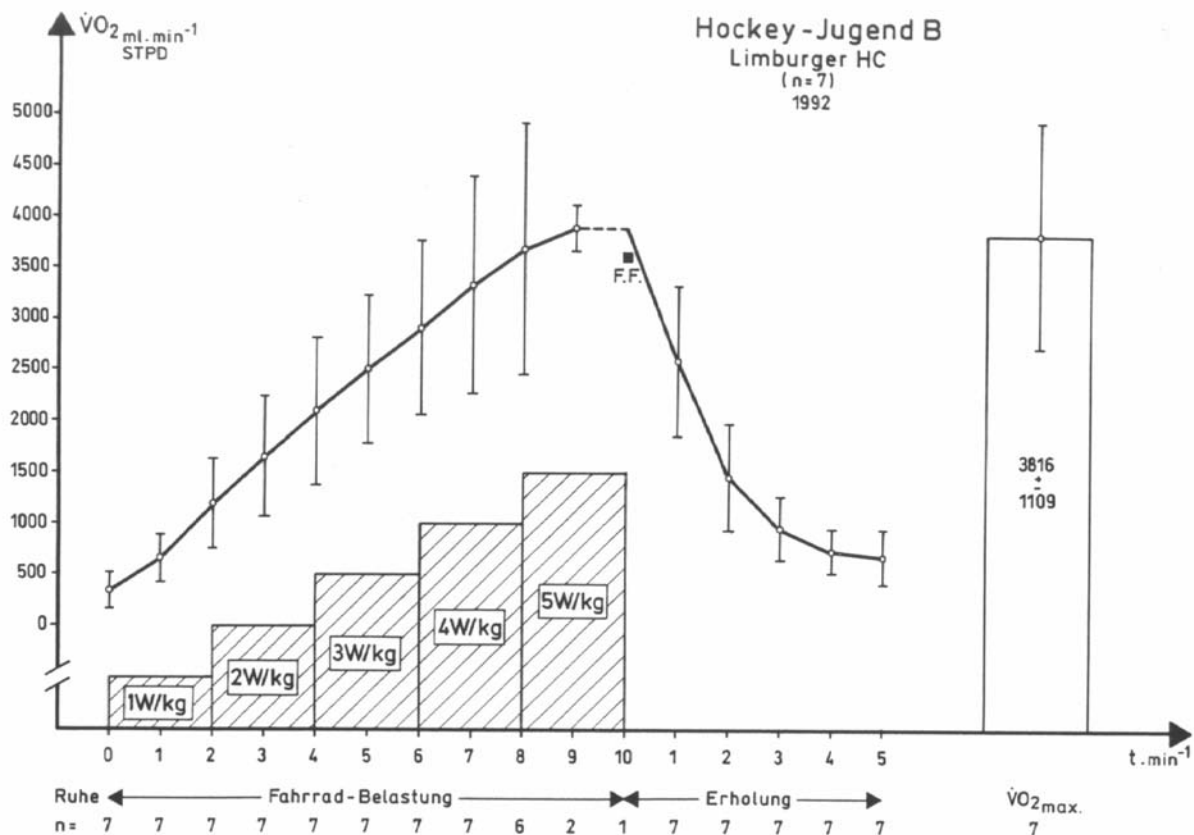
Abb. 59:

*Mittelwerte der absoluten Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD) von Hockeyspielern (Knaben A) in Ruhe, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Für die Knaben A ist eine mittlere **absolute Sauerstoffaufnahme** von  $200 \pm 117$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD in der **Vorstartphase** registriert. Ausgehend von diesem Ruhewert erhöht sich die Sauerstoffaufnahme der Untersuchungsgruppe auf  $553 \pm 229$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD (1. Minute), um dann weiter anzusteigen. Das errechnete durchschnittliche **Maximum** der **absoluten Sauerstoffaufnahme** aller Nachwuchshockeyspieler beträgt schließlich  $2537 \pm 768,5$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD (Höchstwert R. G. mit 3447 ml/min STPD und niedrigster Maximalwert M. N. mit 1341 ml/min STPD).

In der ersten Erholungsminute zeigt der Kurvenverlauf gleich nach unten, die absolute Sauerstoffaufnahme fällt auf  $1893 \pm 655$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD ab. Nach **fünf Erholungsminuten** ist sie weiter auf  $523 \pm 181$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD gesunken. Der höchste Wert am Ende der Erholungsphase liegt bei 654 ml/min STPD (M. P.), während M. N. mit 232 ml/min STPD ganz unten angesiedelt ist. Letzterer hat auch das niedrigste Belastungsmaximum.

Die *Abbildung 60* zeigt den mittleren **Kurvenverlauf** der **absoluten Sauerstoffaufnahme** von **Hockeyspielern der B-Jugend des LHC**.



**Abb. 60:**

*Mittelwerte der absoluten Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub> ml \* min<sup>-1</sup> STPD) von Hockeyspielern (männliche Jugend B) in Ruhe, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Ausgehend von  $338 \pm 177 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  in **Ruhe** steigt die durchschnittliche **absolute Sauerstoffaufnahme** der Jugendspieler mit einsetzender Belastung in der ersten Minute auf  $653 \pm 266 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  an und erhöht sich dann im weiteren Verlauf der Beanspruchung. Als mittlerer **Höchstwert** der neun Probanden wird  $3816 \pm 1109 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  errechnet, wobei M. S. mit 5859 ml/min STPD den größten und S. J. mit 2068 ml/min STPD den niedrigsten Maximalwert der absoluten Sauerstoffaufnahme erreicht.

Über  $2587 \pm 735 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (1. Erholungsminute) fällt die **absolute Sauerstoffaufnahme** nach Belastungsabbruch bis auf  $674 \pm 269 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  nach **fünf-minütiger Erholung** ab (Höchstwert 1121 ml/min STPD von T. A., niedrigste absolute Sauerstoffaufnahme 211 ml/min STPD von S. J.). S. J. hat auch den geringsten maximalen Belastungswert.

Vor Belastungsbeginn hat F. F., der ausdauerndste B-Jugendliche, eine absolute Sauerstoffaufnahme von 188 ml/min STPD. Der Wert steigt in der ersten Belastungsminute zunächst auf 438 ml/min STPD. In der zehnten und letzten Beanspruchungsminute erreicht F. F.

seinen Maximalwert von 3601 ml/min STPD. Dieser sinkt in der ersten Erholungsminute auf 2364 ml/min STPD und fällt weiter bis auf 723 ml/min STPD nach fünf Minuten Erholung.

Die *Tabelle 17* stellt einige Werte der **absoluten Sauerstoffaufnahme** der einzelnen Untersuchungsgruppen gegenüber:

**Tab. 17:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Absolute Sauerstoffaufnahme</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>Max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. max.</b>	<b>höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	271 ± 93	1615 ± 226	4773 ± 607	3269 ± 402	756 ± 148	4041 (A. J.)	5754 (O. H.)	587 (C. G.)	1102 (O. H.)
<b>SL</b>	367,5 ± 14	1379 ± 272	4691,5 ± 533	3057 ± 217	881,5 ± 343	3927 (P. S.)	5140 (L. F.)	628 (P. S.)	1374 (O. H.)
<b>F 1</b>	200 ± 117	553 ± 229	2537 ± 768,5	1893 ± 655	523 ± 181	1341 (M. N.)	3447 (R. G.)	232 (M. N.)	654 (M. P.)
<b>F 2</b>	338 ± 177	653 ± 266	3816 ± 1109	2587 ± 735	674 ± 269	2068 (S. J.)	5859 (M. S.)	211 (S. J.)	1121 (T. A.)

*L* = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991,  $n = 10$ ),

*SL* = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992,  $n = 4$ ),

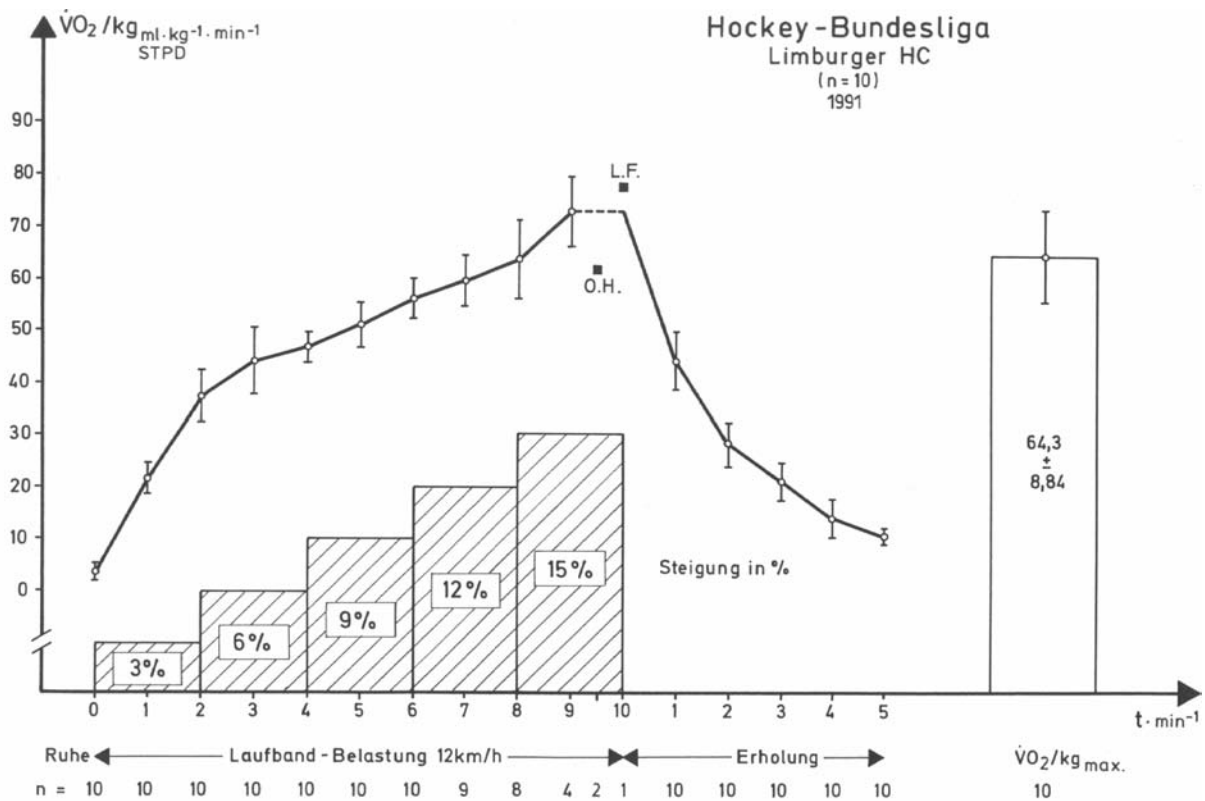
*F 1* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992,  $n = 5$ ),

*F 2* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992,  $n = 7$ ).

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.

## 6.4.2 Relative Sauerstoffaufnahme

Die Durchschnittswerte der *relativen Sauerstoffaufnahme* ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) der 1991 untersuchten **Bundesliga-Hockeyspieler** des **Limburger HC** sind in *Abbildung 61* dargestellt.



**Abb. 61:**

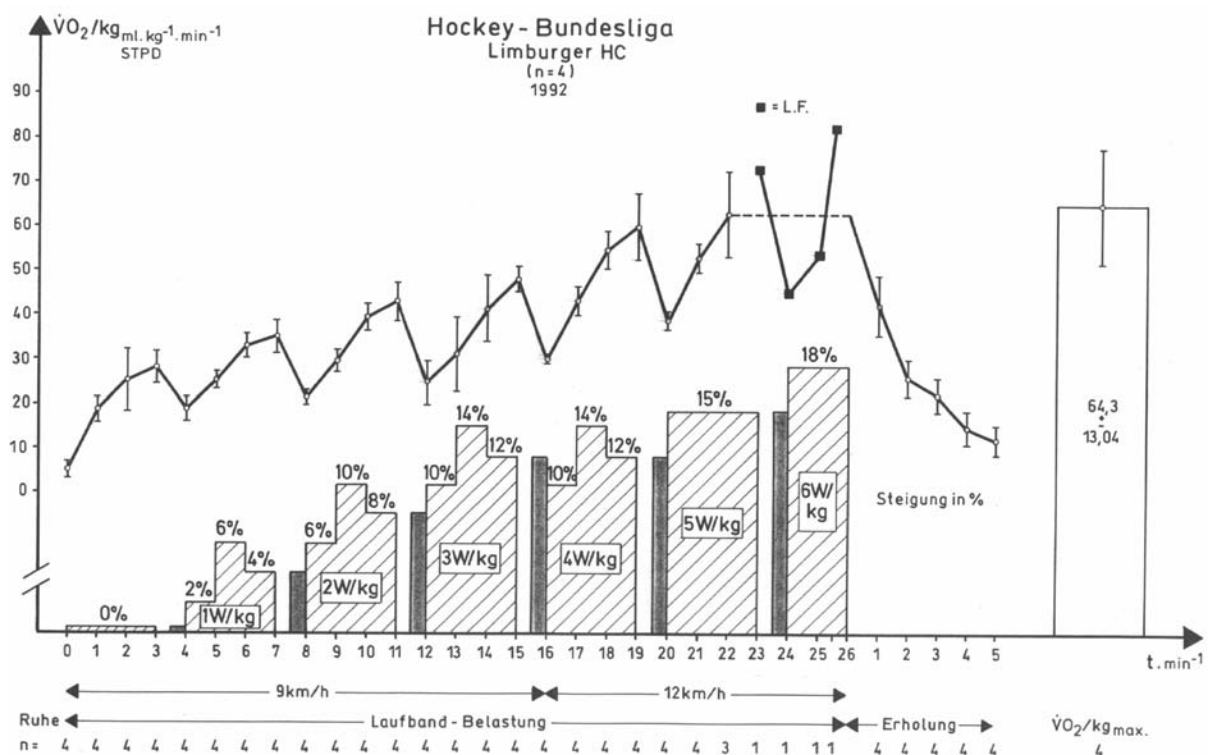
*Mittelwerte der relativen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von Hockeyspielern aus dem Bereich der Bundesliga vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1991.*

Die durchschnittliche **relative Sauerstoffaufnahme** der Probandengruppe liegt in der Vorstartphase bei  $3,7 \pm 1,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Der höchste Ruhewert beträgt  $5,9 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  (C. G.), der niedrigste  $1,9 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  (O. H.). Mit einsetzender Belastung findet nahezu eine ständige Steigerung der relativen Sauerstoffaufnahme bis zum Erschöpfungspunkt statt. Lediglich bei vier Probanden ist die relative Sauerstoffaufnahme in der vorletzten Belastungsminute höher als kurz vor Belastungsende. Ausgehend von durchschnittlich  $21,7 \pm 3,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  in der ersten Minute der Beanspruchung (Maximalwert  $27,3 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  von L. F., Minimalwert  $17,2 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  von A. J.) steigt die Kurve bis zur sechsten Minute (n = 10) auf  $56,4 \pm 4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  an. In der achten Minute (n = 8) beträgt die mittlere relative Sauerstoffaufnahme

$63,6 \pm 7,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD und eine Minute später ( $n = 4$ )  $73,2 \pm 6,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD. L. F. und O. H. erreichen in der zehnten Minute  $77,6 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD bzw.  $61,7 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD. Den Maximalwert der relativen Sauerstoffaufnahme hat L. F. mit  $80,2 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD in der neunten Belastungsminute. Der Maximalwert von O. H. beträgt  $65,9 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD. Mit  $54,7 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD in der sechsten Belastungsminute ist für W. B. der niedrigste maximale Einzelwert der relativen Sauerstoffaufnahme registriert. Der durchschnittliche **Maximalwert** aller zehn Probanden, ermittelt aus den individuellen Höchstwerten, beträgt  **$64,3 \pm 8,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD**.

Nach der Belastung fällt der Mittelwert in der ersten Minute auf  $44,1 \pm 5,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD ab, wobei der Maximalwert  $51,2 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD (L. F.) und der Minimalwert  $35,3 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD (M. K.) beträgt. Im weiteren Verlauf der **Erholungsphase** sinkt die durchschnittliche **relative Sauerstoffaufnahme** auf  **$10,1 \pm 1,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD (5. Erholungsminute)**.  $12,6 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD (O. H.) und  $7,8 \text{ ml O}_2/\text{kg}$  STPD (M. K.) sind der Maximal- bzw. Minimalwert nach fünfminütiger Erholung.

Die *Abbildung 62* enthält die Mittelwerte der **relativen Sauerstoffaufnahme** von **Bundesliga-Hockeyspielern** des **Limburger HC**, die **1992** untersucht wurden.



**Abb. 62:**

**Mittelwerte der relativen Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD) von Bundesliga-Hockeyspielern vor, während und nach erschöpfender Belastung mit dem sportartspezifischen Laufbandtest 1992.**

Die Sportler haben 1992 einen mittleren **Ruhewert** von  $5,1 \pm 2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ , bei einem Maximum von  $7,9 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  (L. F.) und einem Minimalwert von  $3,7 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  (P. S.). Nach Beginn der Beanspruchung (1. Minute) klettert der Durchschnittswert auf  $18,6 \pm 2,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (Höchstwert  $21,4$  von P. S., Minimalwert  $14,8$  von P. K.). Am Ende jeder Belastungsstufe erhöht sich durchschnittliche **relative Sauerstoffaufnahme** bis zu einem **Maximalwert** von  $64,3 \pm 13 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ , der wiederum aus den jeweiligen Höchstwerten der Probanden errechnet wurde. Dieses Ergebnis entspricht – abgesehen von der Standardabweichung – dem Durchschnittsmaximalwert von 1991 ( $64,3 \pm 8,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ).

In der 22. Minute ( $n = 3$ ) beträgt die mittlere relative Sauerstoffaufnahme  $62,5 \pm 9,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ , und L. F. erreicht in seiner letzten Belastungsminute mit  $81,6 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  den höchsten Maximalwert aller Probanden. Schon 1991 hatte er die größte relative Sauerstoffaufnahme ( $80,2 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$ ). Den niedrigsten Maximalwert 1992 hat P. S. mit  $53,1 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$ .

Der Durchschnittswert sinkt in der ersten Minute nach Belastungsende auf  $41,9 \pm 6,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  und fällt in den **fünf Erholungsminuten** weiter bis auf  $11,7 \pm 3,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Der niedrigste Wert ist erneut für P. S. ( $8,5 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$ ) registriert, der auch das geringste Maximum erreicht hat, und am höchsten liegt O. H. mit  $15,4 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$ .

Wie bereits erwähnt hat L. F. mit  $7,9 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  den höchsten Ruhewert und seine relative Sauerstoffaufnahme steigt in der ersten Laufminute auf  $20 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  an, bis er schließlich in der letzten Belastungsminute das Maximum aller Probanden erreicht ( $81,6 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$ ). Dieser Wert fällt in der ersten Erholungsminute auf  $46,1 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  und sinkt weiter bis auf  $13,6 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  (5. Erholungsminute). Der Ausgangswert wird jedoch nicht erreicht.

Die mittlere *relative Sauerstoffaufnahme* von **Hockeyspielern** des **LHC (Knaben A)** ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

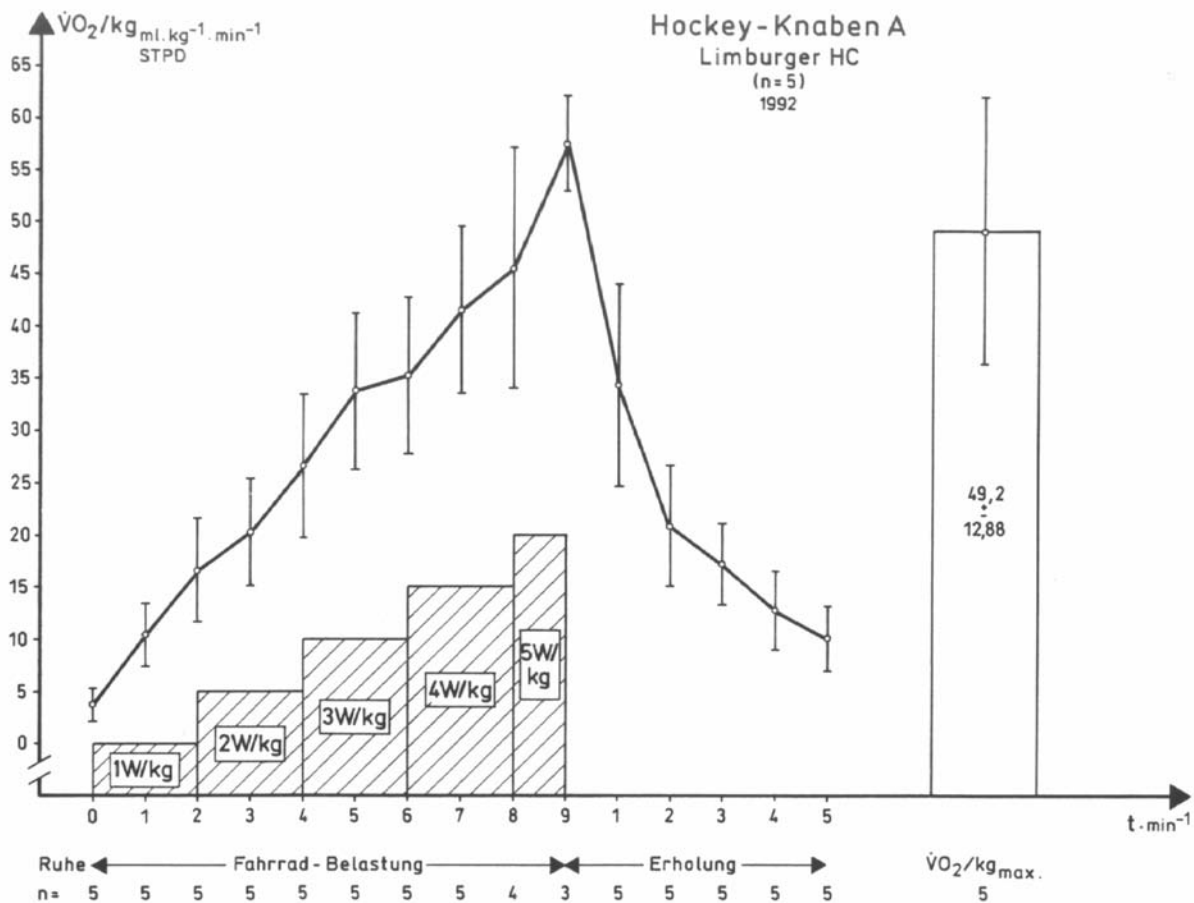


Abb. 63:

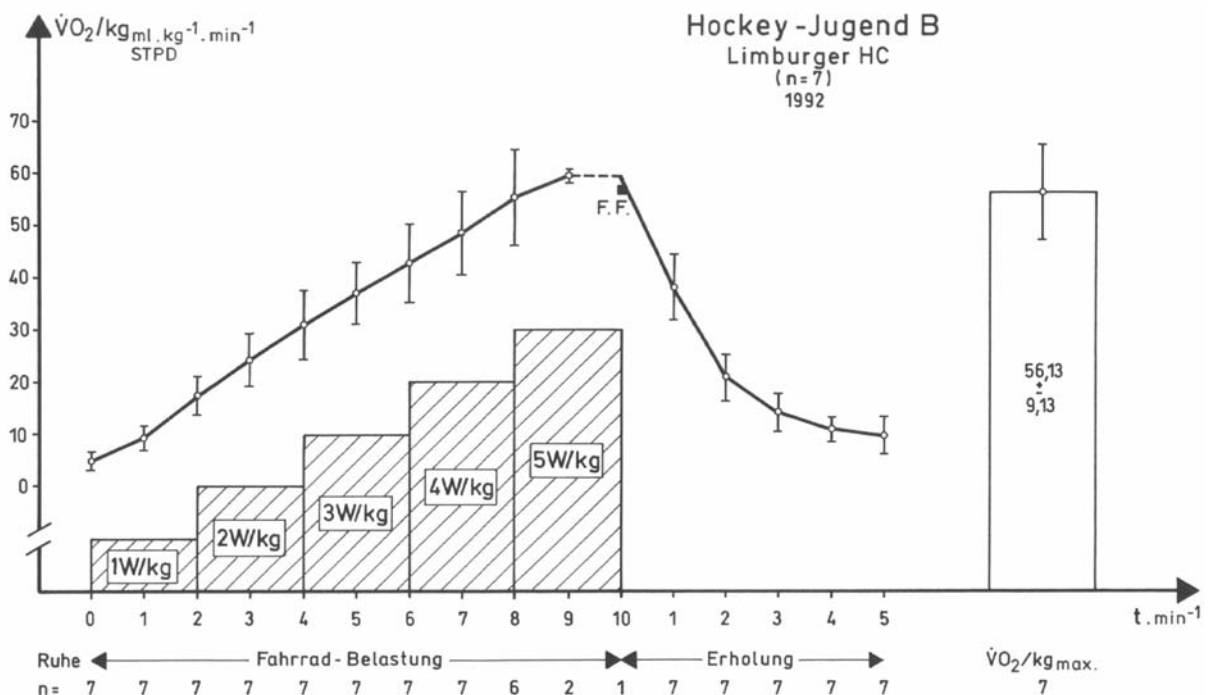
*Mittelwerte der relativen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von Hockeyspielern (Knaben A) des Limburger HC vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Die durchschnittliche **relative Sauerstoffaufnahme** der Limburger Knaben in **Ruhe** entspricht mit  $3,7 \pm 1,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  exakt dem Vorstartwert der 1991 untersuchten Bundesligaspieler. Lediglich im Bereich der Standardabweichung gibt es Unterschiede. Mit Beginn der Beanspruchung steigt die relative Sauerstoffaufnahme, ausgehend von  $10,5 \pm 3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (1. Minute), bis zum Erschöpfungspunkt stetig an. Der durchschnittliche **Maximalwert** der Knaben, ermittelt aus den individuellen Höchstwerten, beträgt  $49,2 \pm 12,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ , wobei R. G. mit  $62,1 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  die höchste relative Sauerstoffaufnahme aufweist, während M. N. mit  $29,8 \text{ ml O}_2/\text{kg STPD}$  an letzter Stelle rangiert.

In der fünfminütigen Erholungsphase ist zunächst ein Absinken auf  $36,4 \pm 9,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (1. Erholungsminute) zu beobachten; anschließend fällt die mittlere **relative Sauerstoffaufnahme** weiter bis auf  $10,1 \pm 3,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (5. Erholungsminute). Auffällig ist, dass auch dieser Wert – wie schon die relative Sauerstoffaufnahme in Ruhe – dem Ergebnis der Bundesliga-Hockeyspieler von 1991 entspricht. Lediglich in der Standardabweichung finden sich wieder Differenzen. Den Maximalwert

nach fünf Erholungsminuten hat M. P. mit 13,8 ml O<sub>2</sub>/kg STPD, und das niedrigste Resultat ist für M. N. – der auch schon das kleinste maximale Belastungsergebnis hat – mit 5,2 ml O<sub>2</sub>/kg STPD registriert.

Abbildung 64 dokumentiert die Durchschnittswerte der *relativen Sauerstoffaufnahme* von jugendlichen **Hockeyspielern** des **Limburger HC**.



**Abb. 64:**

*Mittelwerte der relativen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD) von B-Jugend-Hockeyspielern des LHC vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Die Jugendspieler des LHC haben **vor dem Start** eine mittlere **relative Sauerstoffaufnahme** von  $4,8 \pm 1,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD. Diese steigt in der ersten Minute der Fahrradbelastung auf  $9,4 \pm 2,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD an und klettert bis zum Erschöpfungspunkt kontinuierlich nach oben. Das aus den jeweiligen Höchstwerten der untersuchten Probanden errechnete mittlere Maximum liegt bei  $56,1 \pm 9,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD. M. S. hat dabei mit 73,2 ml O<sub>2</sub>/kg STPD den größten Maximalwert und F. W. mit 47,5 ml O<sub>2</sub>/kg STPD die kleinste maximale relative Sauerstoffaufnahme.

Nach **Belastungsende** fällt der Mittelwert in der ersten Erholungsminute auf  $38,1 \pm 6,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD ab, um danach weiter bis auf  $9,8 \pm 3,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD (5. Erholungsminute) zu sinken. Die höchste relative Sauerstoffaufnahme am Ende dieser Erholungsphase hat T. A. mit 16,7 ml O<sub>2</sub>/kg STPD, und S. J. liegt mit 5 ml O<sub>2</sub>/kg STPD an der unteren Grenze der Gruppe.

Ausgehend von 3 ml O<sub>2</sub>/kg STPD als Ruhewert steigt die relative Sauerstoffaufnahme von F. F. in der ersten Belastungsminute auf 6,9 ml O<sub>2</sub>/kg STPD an. Seinen Höchstwert erreicht der Sportler in der vorletzten Belastungsminute (9. Minute) mit 58,7 ml O<sub>2</sub>/kg STPD,



während eine Minute später – kurz vor Belastungsende – 56,7 ml O<sub>2</sub>/kg STPD registriert sind. In der Erholungsphase beträgt sein erster Wert 37,2 ml O<sub>2</sub>/kg STPD und schließlich sinkt seine relative Sauerstoffaufnahme auf 11,4 ml O<sub>2</sub>/kg STPD (5. Erholungsminute).

Die folgenden Tabelle enthält einige Werte der **relativen Sauerstoffaufnahme** von den einzelnen Probandengruppen, die vergleichend gegenübergestellt sind:

**Tab. 18:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub> ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD) in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufband-spiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Relative Sauerstoffaufnahme</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. max.</b>	<b>höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	3,7 ± 1,5	21,7 ± 3,1	64,3 ± 8,8	44,1 ± 5,8	10,1 ± 1,6	54,7 (W. B.)	80,2 (L. F.)	7,8 (M. K.)	12,6 (O. H.)
<b>SL</b>	5,1 ± 2	18,6 ± 2,8	64,3 ± 13	41,9 ± 6,8	11,7 ± 3,3	53,1 (P. S.)	81,6 (L. F.)	8,5 (P. S.)	15,4 (O. H.)
<b>F 1</b>	3,7 ± 1,6	10,5 ± 3	49,2 ± 12,9	36,4 ± 9,7	10,1 ± 3,2	29,8 (M. N.)	62,1 (R. G.)	5,2 (M. N.)	13,8 (M. P.)
	4,8 ± 1,9	9,4 ± 2,3	56,1 ± 9,1	38,1 ± 6,4	9,8 ± 3,6	47,5 (F. W.)	73,2 (M. S.)	5 (S. J.)	16,7 (T. A.)

*L = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991, n = 10),*

*SL = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992, n = 4),*

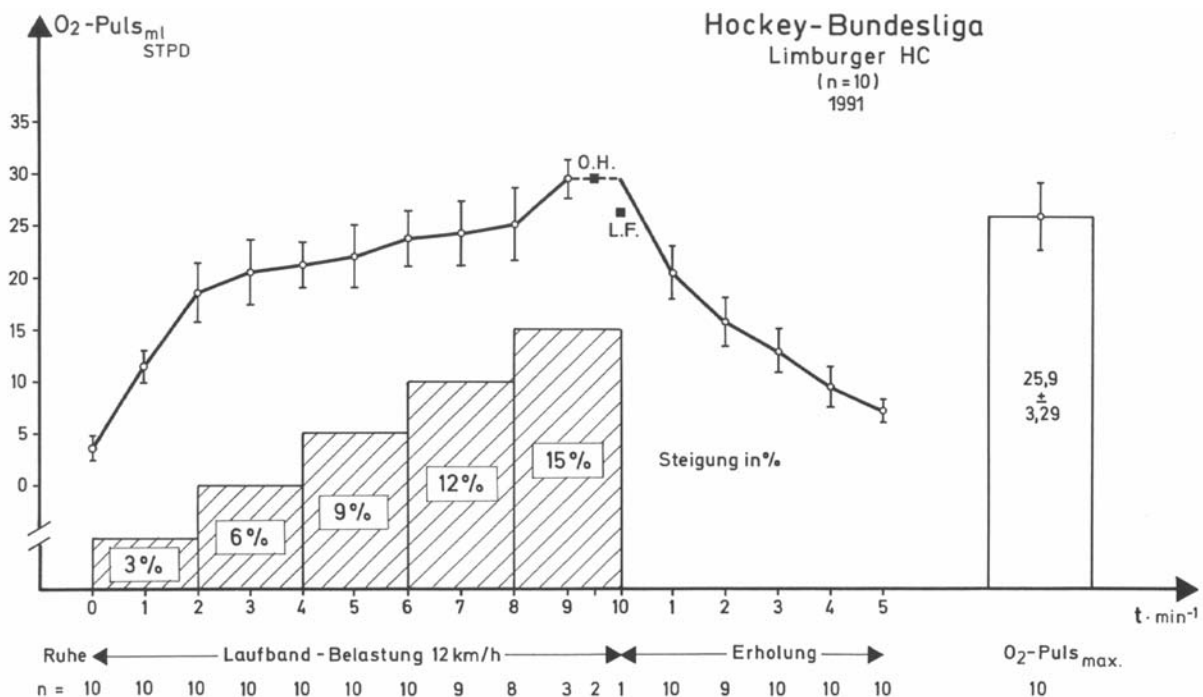
*F 1 = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992, n = 5),*

*F 2 = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992, n = 7).*

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.

### 6.4.3 Sauerstoffpuls

Die Durchschnittskurve des *Sauerstoffpulses* ( $O_2/Hf\text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{ STPD}$ ) vor, während und nach der Belastung auf dem **Laufband** ist für die **Bundesliga-Hockeyspieler** des **LHC 1991** in *Abbildung 65* dargestellt.



**Abb. 65:**

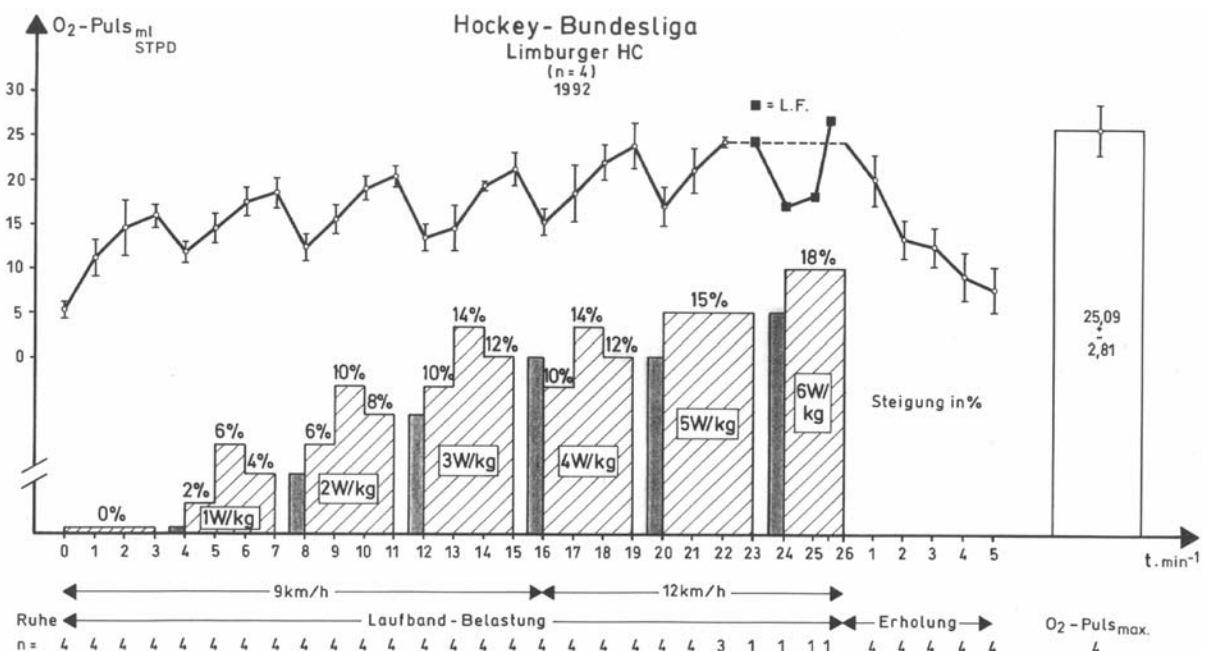
*Mittelwerte des Sauerstoffpulses ( $O_2/Hf\text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{ STPD}$ ) von Hockeyspielern aus dem Bundesliga-Bereich in Ruhe, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1991.*

Der durchschnittliche **Ruhewert** des **Sauerstoffpulses** der Limburger **Hockeyspieler** liegt **1991** bei  **$3,6 \pm 1,2\text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{ STPD}$** , wobei mit  $5,2\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  (G. M.) der höchste und mit  $1,9\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  für A. J. der niedrigste Ausgangswert ermittelt ist. In der ersten Belastungsminute erhöht sich der mittlere Sauerstoffpuls auf  $11,4 \pm 1,6\text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{ STPD}$ , mit einem maximalen Einzelwert von  $13,4\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  (M. K.) und einem Minimalwert von  $8,9\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  (S. S.). Bis zur sechsten Belastungsminute ( $n = 10$ ) steigt er auf  $23,7 \pm 2,7\text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{ STPD}$  an. In der achten Minute ( $n = 8$ ) erhöht sich der Durchschnittswert auf  $25 \pm 3,5\text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{ STPD}$ . In der neunten Belastungsminute ( $n = 3$ ; der Wert des vierten Probanden, der noch in dieser Minute arbeitete, konnte nicht ermittelt werden, da bei L. F. in dieser Minute keine Registrierung der Herzschlagfrequenz möglich war) macht der durchschnittliche Sauerstoffpuls der Hockeyspieler noch einmal einen Sprung nach oben und klettert auf  $29,5 \pm 1,9\text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}\text{ STPD}$ . Die beiden leistungsfähigsten Probanden haben in der letzten Belastungsminute  $26,2\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  (L. F.) und  $29,4\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  (O. H.) als  $O_2$ -Pulswerte. O. H. hat in der neunten Minute mit  $31,6\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  den höchsten Einzelwert erreicht. Seinen Maximalwert von  $26,5\text{ ml } O_2/Hf\text{ STPD}$  erlangt L. F. in der

achten Minute. Mit 20,8 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD weist A. J. den niedrigsten maximalen Einzelwert auf, den er eine Minute vor seinem Belastungsende erreicht. Der durchschnittliche **Maximalwert** der Probandengruppe, errechnet aus den einzelnen Maximalwerten der Hockeyspieler, beträgt **25,9 ± 3,3 ml \* min<sup>-1</sup> STPD**.

In der ersten Minute der Erholungsphase sinkt der mittlere Sauerstoffpuls auf  $20,4 \pm 2,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  ab (Maximalwert  $24,2 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  von O. H., Minimalwert  $14,7 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  von A. J.). Bis einschließlich der **fünften Erholungsminute** fällt der **Sauerstoffpuls** weiter auf  **$7,2 \pm 1,2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$** , wobei O. H. mit  $9,7 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  den Höchstwert aufweist, während C. G. mit  $5,5 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  ganz unten zu finden ist.

Der mittlere *Sauerstoffpuls* der **Bundesliga-Hockeyspieler** des **LHC 1992** vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem **Laufband** wird in der folgenden Abbildung gezeigt.



**Abb. 66:**

*Mittelwerte des Sauerstoffpulses ( $O_2/Hf\ ml^* \min^{-1}$  STPD) von Bundesliga-Hockeyspielern in Ruhe, während und nach erschöpfender Ausbelastung mit dem sportartspezifischen Laufbandtest 1992.*

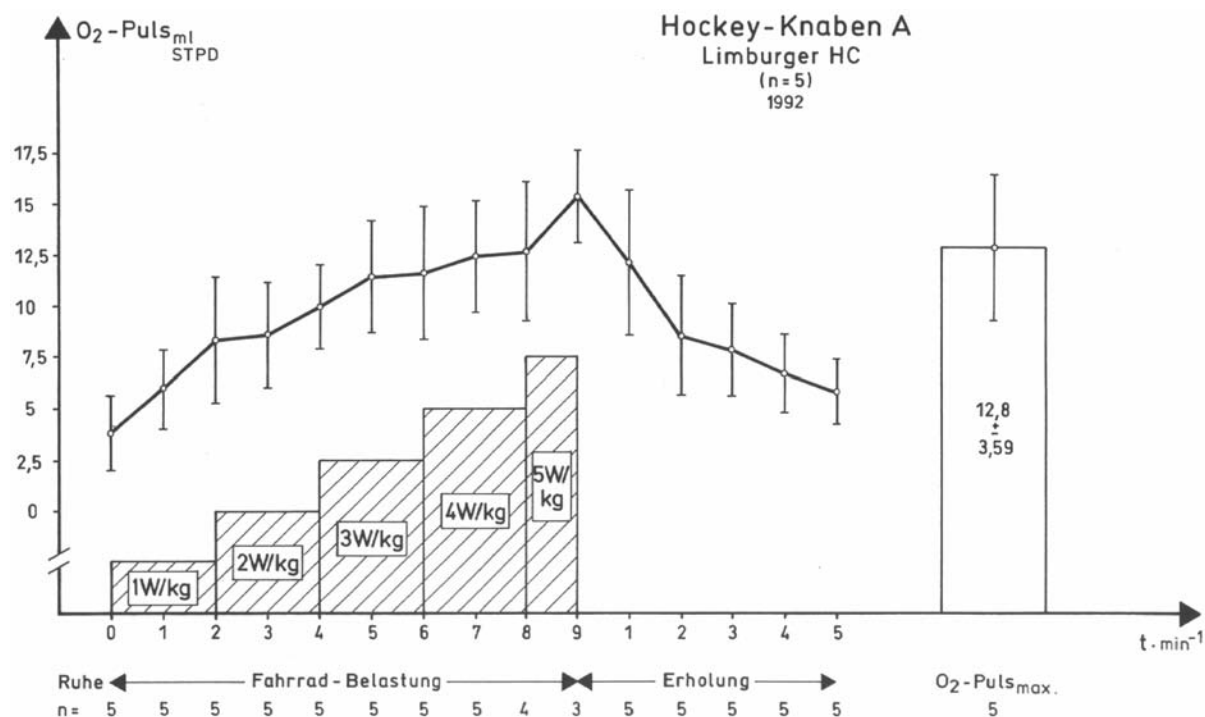
Die Limburger Bundesligisten haben 1992 einen durchschnittlichen **Ruhe-Sauerstoffpuls** von **5,3 ± 1 ml \* min<sup>-1</sup> STPD** (niedrigster Ausgangswert 4,0 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD von P. K., höchster Vorstart-Sauerstoffpuls 6,6 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD von L. F.). Nach Belastungsbeginn steigt der Durchschnittssauerstoffpuls zunächst auf 11,2 ± 2,1 ml \* min<sup>-1</sup> STPD, mit einem maximalen Einzelwert von 14,8 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD (P. S.) und einem kleinsten Wert von 10,3 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD (L. F.). Obwohl der Sauerstoffpuls in den sogenannten „Zwischenminuten“ bzw. in der ersten Minute nach der Pause niedriger ist als am Ende der

vorhergehenden Belastungsstufe, steigt der Mittelwert insgesamt mit jedem neuen Belastungsbereich an. In der 22. Minute ( $n = 3$ ) wird ein durchschnittlicher Sauerstoffpuls von  $24,4 \pm 0,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  erreicht. L. F. hat in seiner letzten aktiven Minute einen Wert von  $26,9 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ . Der aus den einzelnen Maximalwerten der Sportler zusammengestellte mittlere **maximale Sauerstoffpuls** der Untersuchungsgruppe liegt bei  **$25,1 \pm 2,8 \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$**  und nähert sich dem durchschnittlichen Maximum von 1991 ( $25,9 \pm 3,3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ). Der niedrigste Maximalwert wird für P. S. ( $21,2 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ ) gemessen und den Höchstwert hat O. H. mit  $27,4 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ .

Nach Belastungsende wird  $20,1 \pm 2,8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (1. Erholungsminute) als Mittelwert registriert (Maximum  $23,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  von P. K., Minimum  $17,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  von L. F.), und nach **fünfminütiger Erholung** beträgt der durchschnittliche **Sauerstoffpuls** der Probandengruppe  **$7,8 \pm 2,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$** .

Ausgehend von  $6,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  als Ruhewert steigt der Sauerstoffpuls von L. F. zunächst auf  $10,3 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  und klettert weiter bis  $26,9 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  in der letzten Belastungsminute. Gleich in der ersten Minute nach Belastungsende sinkt sein Sauerstoffpuls auf  $17,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  ab. Anschließend fällt der Sauerstoffpuls weiter bis auf  $7,9 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  (5. Erholungsminute), liegt aber höher als der niedrigste Wert, den P. S. mit  $5,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  erreicht.

Die nächste Abbildung zeigt die Mittelwerte des *Sauerstoffpulses* der **Hockey-A-Knaben** vor, während und nach der **Fahrradbelastung**.



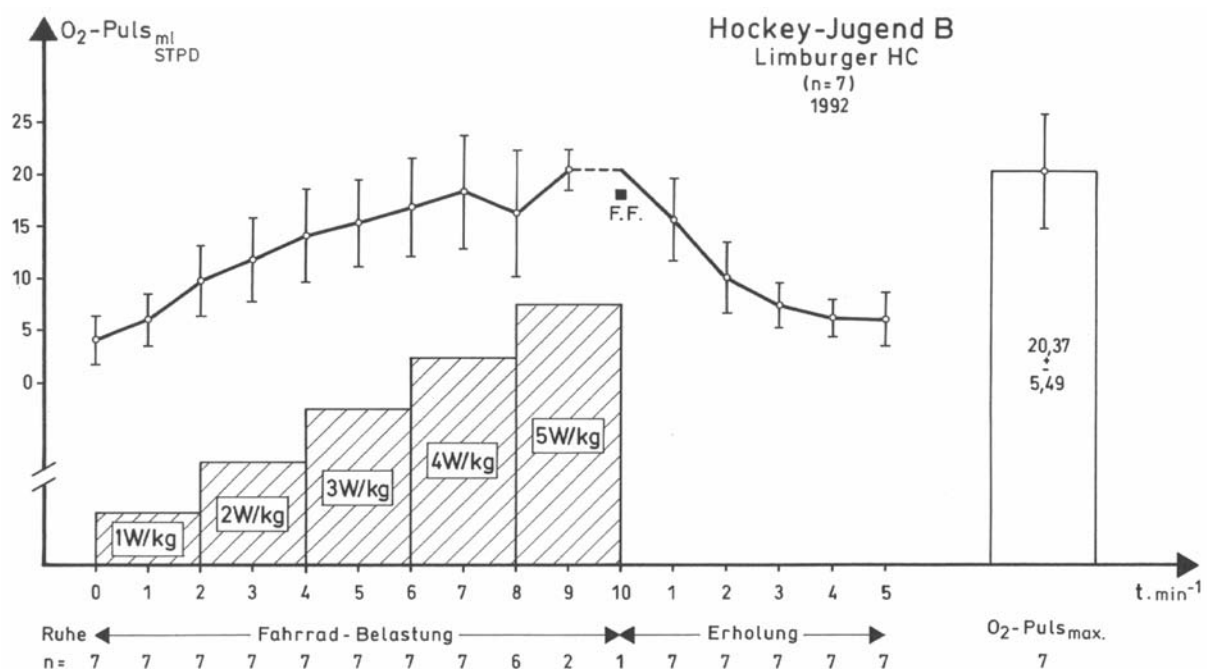
**Abb. 67:**

*Mittelwerte des Sauerstoffpulses ( $\text{O}_2/\text{Hf ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von Hockeyspielern (Knaben A) in Ruhe, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Der durchschnittliche **Ruhe-Sauerstoffpuls** der jungen Limburger Hockeyspieler liegt 1992 bei  $2,5 \pm 1,8 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Nach Beginn der Fahrradbelastung erhöht sich der Mittelwert auf  $4,6 \pm 2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (1. Minute) und steigt dann bis zum Erschöpfungspunkt weiter an. Den kleinsten Maximalwert der Probandengruppe hat M. N. mit  $7,1 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ , und ganz oben rangiert R. G. mit  $16,4 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ . Aus den einzelnen Höchstwerten der Knaben A wird ein **Sauerstoffpuls** von  $12,8 \pm 3,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  als durchschnittliches **Maximum** errechnet.

In der ersten Minute der **Erholungsphase** fällt der mittlere Sauerstoffpuls auf  $10,8 \pm 3,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Bis einschließlich der **fünften Erholungsminute** sinkt er dann weiter auf  $4,4 \pm 1,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ , wobei M. P. mit  $5,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  den Höchstwert und M. N. – der schon das niedrigste Belastungsmaximum hat – mit  $2 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  den kleinsten Wert erreicht.

Die Durchschnittskurve des **Sauerstoffpulses** vor, während und nach der Belastung auf dem **Fahrrad** für die **B-Jugendlichen Hockeyspieler** des **LHC** ist in der folgenden Abbildung zu sehen.



**Abb. 68:**

**Mittelwerte des Sauerstoffpulses ( $\text{O}_2/\text{Hf ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von B-Jugend-Hockeyspielern des Limburger HC 1992 in Ruhe, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie.**

Die B-Jugendlichen des LHC haben einen mittleren **Ruhe-Sauerstoffpuls** von  $4,1 \pm 2,4 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . In der ersten Belastungsminute steigt der Sauerstoffpuls der Gruppe zunächst auf  $6 \pm 2,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  an, um anschließend weiter nach oben zu klettern. Aus den individuellen Höchstwerten der einzelnen Probanden ergibt sich ein durchschnittlicher **maximaler Sauerstoffpuls** von  $20,4 \pm 5,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Während M. S. mit  $29,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  das größte Maximum erreicht, liegt S. J. mit seinen  $10,9 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  am unteren Rand.

Der Mittelwert fällt nach **Belastungsabbruch** in der ersten Erholungsminute auf  $15,8 \pm 4 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  ab und ist nach **fünf Minuten** bei  $6,2 \pm 2,7 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  angelangt. Der niedrigste Sauerstoffpuls am Ende der Erholungsphase ist für S. J., der gleichzeitig auch den geringsten Belastungsmaximalwert erreicht hat, mit  $2 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  registriert, und ganz oben rangiert T. A. mit  $11 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ .

Nach einem Ruhewert von  $3 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  klettert der Sauerstoffpuls von F. F. auf  $6,9 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  (1. Minute) und steigt, abgesehen von einem leichten Rückgang in der sechsten Minute, anschließend weiter bis auf  $19,2 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  (9. Minute). In der letzten Belastungsminute ist der Sauerstoffpuls des Probanden wieder etwas niedriger und liegt bei  $18,1 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ . Ausgehend von  $13,1 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  (1. Erholungsminute) fällt der Wert in der Erholungsphase auf  $6,4 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  (5. Minute).

Die *Tabelle 19* vergleicht einige Werte des **Sauerstoffpulses** der einzelnen Probandengruppen:

**Tab. 19:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen des Sauerstoffpulses ( $\text{O}_2/\text{Hf ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufband-spiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Sauerstoffpuls</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. Max.</b>	<b>höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	3,6 ± 1,2	11,4 ± 1,6	25,9 ± 3,3	20,4 ± 2,6	7,2 ± 1,2	20,8 (A. J.)	31,6 (O. H.)	5,5 (C. G.)	9,7 (O. H.)
<b>SL</b>	5,3 ± 1	11,2 ± 2,1	25,1 ± 2,8	20,1 ± 2,8	7,8 ± 2,6	21,2 (P. S.)	27,4 (O. H.)	5,6 (P. S.)	11,4 (O. H.)
<b>F 1</b>	2,5 ± 1,8	4,6 ± 2	12,8 ± 3,6	10,8 ± 3,5	4,4 ± 1,6	7,1 (M. N.)	16,4 (R. G.)	2 (M. N.)	5,6 (M. P.)
<b>F 2</b>	4,1 ± 2,4	6 ± 2,5	20,4 ± 5,5	15,8 ± 4	6,2 ± 2,7	10,9 (S. J.)	29,6 (M. S.)	2 (S. J.)	11 (T. A.)

*L* = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991,  $n = 10$ ),

*SL* = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992,  $n = 4$ ),

*F 1* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992,  $n = 5$ ),

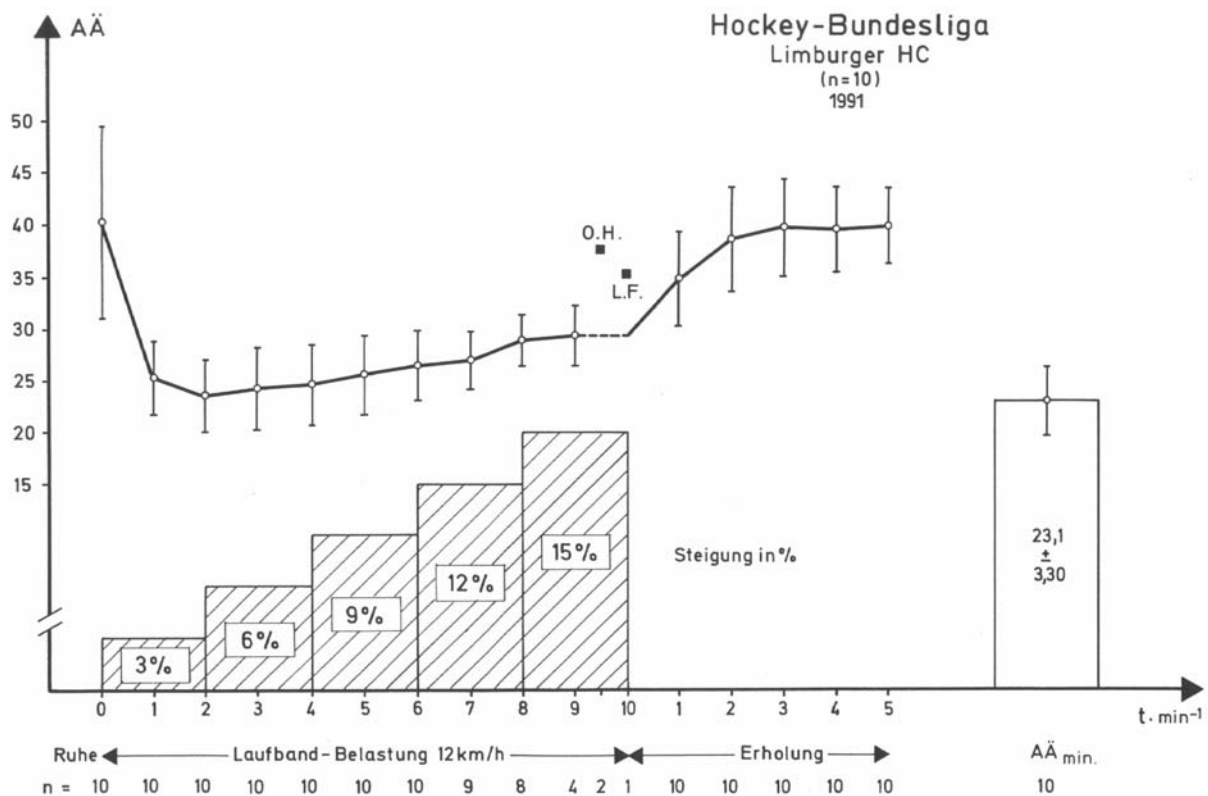
*F 2* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992,  $n = 7$ ).

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.

## 6.5 Kardiorespiratorische Quotienten

### 6.5.1 Atemäquivalent

Die folgende Abbildung zeigt die Mittelwertskurve des *Atemäquivalents* (AÄ) von **Bundesliga-Hockeyspielern des Limburger HC 1991** in Ruhe, während und nach erschöpfender **spiroergometrischer Belastung** auf dem **Laufband**.



**Abb. 69:**

*Mittelwerte des Atemäquivalents (AÄ) von Bundesliga-Hockeyspielern vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1991.*

Der durchschnittliche **Ruhewert** des **Atemäquivalents** der Limburger Hockeyspieler beträgt **1991  $40,1 \pm 9,3$**  (Maximalwert 53,4 von U. R., Minimalwert 29,2 von L. F.). Mit einsetzen der Belastung fällt der Wert zunächst in der ersten Minute auf  $25,2 \pm 3,6$  ab, wobei der Höchstwert 34,6 (M. K.) beträgt und der niedrigste Einzelwert bei 20,4 (S. S.) liegt. Nach zwei Belastungsminuten sinkt das durchschnittliche AÄ auf  $23,5 \pm 3,5$  und steigt in der dritten Minute wieder auf  $24,2 \pm 4$  an. Bis zur sechsten Minute – noch arbeiten alle Probanden – klettert das Atemäquivalent auf  $26,3 \pm 3,4$ . Nach acht Minuten (n = 8) ist ein Durchschnittswert von  $28,8 \pm 2,5$  erreicht, und eine Minute später (n = 4) beträgt das AÄ  $29,3 \pm 2,9$ . Bei den letzten beiden Sportlern, die noch in die zehnte Minute hinein laufen

(O. H.) bzw. diese durchlaufen (L. F.), macht das durchschnittliche Atemäquivalent noch einmal einen großen Sprung nach oben und klettert bei L. F. auf einen Wert von 35,1 und bei O. H. auf 37,4. Letzterer erzielt damit den höchsten Einzelwert aller zehn Probanden. Das niedrigste maximale Atemäquivalent ist mit 26,7 für U. R. ermittelt, der die Belastung nach neun Minuten beendet. Der mittlere **Minimalwert** des **ÄÄ**, errechnet aus den individuellen Niedrigstwerten, beträgt **23,1 ± 3,3**.

Während L. F. seinen Minimalwert von 24,6 bereits in der ersten Belastungsminute erreicht, hat O. H. erst in der fünften Minute der Beanspruchung seinen niedrigsten ÄÄ-Wert von 24,2. Beide liegen über dem Durchschnittswert der Mannschaft.

Das anfängliche Absinken der Werte in den ersten Belastungsminuten ist typisch für das Atemäquivalent und weist auf eine ökonomische Atmung hin. Nach der submaximalen Belastung steigt das ÄÄ der Untersuchungsgruppe mit zunehmender Leistung wieder und erreicht bei neun von zehn Probanden am Belastungsende seinen Höchstwert. Lediglich M. K., der die Belastung nach sechs Minuten beendet und zu diesem Zeitpunkt ein ÄÄ von 33,7 aufweist, hat eine Minute zuvor mit 34,6 einen höheren Wert.

In der **Erholungsphase** steigt das mittlere Atemäquivalent zunächst auf  $34,7 \pm 4,6$ . O. H. erreicht mit 41,2 den Maximalwert. Das kleinste ÄÄ in der ersten Erholungsminute hat G. M. mit 28,5. Nach drei Minuten Erholung ist das durchschnittliche Atemäquivalent auf  $39,7 \pm 4,7$  angestiegen und stabilisiert sich in diesem Bereich. Nach **fünf Minuten** beträgt der Mittelwert **39,9 ± 3,6** (Maximum O. H. mit 45,7, Minimum S. S. mit 33,9). O. H. hat in der dritten Minute nach Belastungsende mit 47,5 das größte Erholungs-ÄÄ aller Probanden. Bei L. F. bleibt das ÄÄ in den ersten vier Erholungsminuten konstant 38,4 und fällt dann auf 37,2. Das ÄÄ von O. H. steigt bis zur dritten Minute der Erholungsphase auf 47,5 (höchster Erholungswert der gesamten Gruppe) steil an und sinkt in den folgenden zwei Minuten nur gering auf 45,7. Dies ist der höchste ÄÄ-Wert, den ein Hockeyspieler nach fünfminütiger Erholung aufweist. Das niedrigste ÄÄ nach fünf Erholungsminuten hat S. S. mit 33,9. Sein ÄÄ befindet sich während der gesamten Erholungsphase zwischen 33 und 34, verändert sich also kaum.

Die Mittelwertskurve des *Atemäquivalents* der **Bundesliga-Hockeyspieler** des **Limburger HC 1992** in Ruhe, während und nach erschöpfender **spiroergometrischer Belastung** nach dem **sportartspezifischen Laufbandtest** ist in der *Abbildung 70* festgehalten.



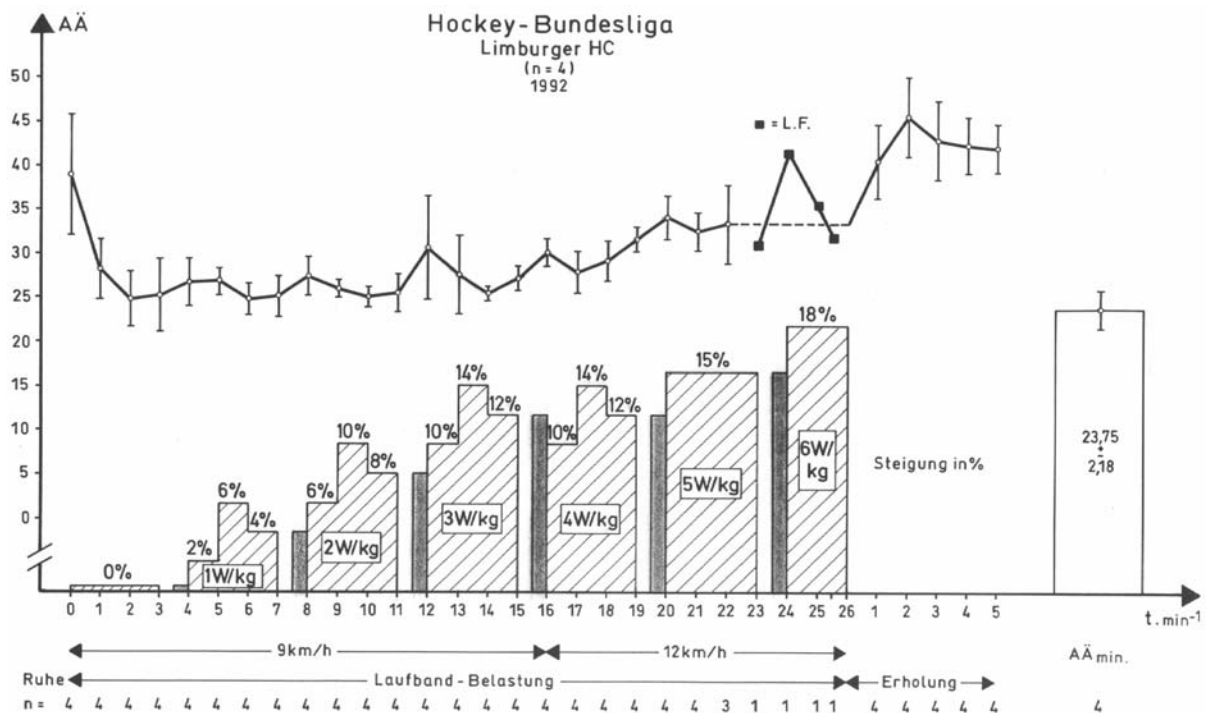


Abb. 70:

*Mittelwerte des Atemäquivalents (AÄ) von Bundesliga-Hockeyspielern vor, während und nach erschöpfender Belastung nach dem sportartspezifischen Laufbandtest 1992.*

Die Bundesliga-Akteure des LHC haben 1992 ein durchschnittliches **Ruhe-Atemäquivalent** von  $39,0 \pm 6,9$  mit 45,3 als Maximalwert (O. H.) und 29,5 als Minimum (L. F.). Nach Belastungsbeginn sinkt der Mittelwert zunächst auf  $28,35 \pm 3,4$  ab, wobei O. H. mit 32,2 den Höchstwert und P. S. den niedrigsten Wert (23,9) erreicht. In der zweiten Belastungsminute fällt das mittlere AÄ weiter auf  $24,95 \pm 3,2$  und steigt anschließend wieder auf  $25,3 \pm 4,1$  (3. Minute) an. Während der ersten Pause (4. Minute) wird ein Durchschnittswert von  $26,7 \pm 2,7$  registriert. Nach dem erneuten Belastungsbeginn klettert das Atemäquivalent in der fünften Minute auf  $26,85 \pm 1,5$ . Danach sinkt es wieder und erreicht mit  $24,9 \pm 1,8$  den niedrigsten Stand (6. Minute). Über  $25,2 \pm 2,3$  (7. Minute) steigt das mittlere AÄ auf  $27,4 \pm 2,2$  (zweite Pause, 8. Minute), um anschließend wieder zu fallen  $26 \pm 1$  (9. Minute). Insgesamt steigt das durchschnittliche Atemäquivalent nun langsam an, wobei der Mittelwert in den Belastungspausen immer nach oben geht und nach Wiederaufnahme der Beanspruchung kurzzeitig absinkt. Auffällig ist, dass in der dritten Pause (12. Minute) mit  $30,6 \pm 5,9$  ein höherer Mittelwert als in der vierten Pause (16. Minute,  $30,1 \pm 1,6$ ) erreicht wird. Der durchschnittliche **Minimalwert** liegt bei  $23,75 \pm 2,2$  und als mittleres **Maximum** (ohne Einbeziehung der Belastungspausen) wurde  $35,1 \pm 2,4$  errechnet. Bleiben die Unterbrechungen unberücksichtigt (teilweise wurden in den Pausen höhere Werte registriert), erreichen mit Ausnahme von L. F. alle Probanden in ihrer letzten Belastungsminute das höchste Atemäquivalent. L. F. hat dagegen in der vorletzten Belastungsminute einen höheren Wert als am

Beanspruchungsende. Unter Berücksichtigung der Pausen, in denen das Atemäquivalent der Probanden meist sprunghaft ansteigt, beträgt das durchschnittliche maximale AÄ  $37,3 \pm 3,6$ . Auch in dieser Untersuchung ist das anfängliche Absinken der Werte in den ersten Belastungsminuten wieder typisch für das Atemäquivalent und liefert einen Hinweis auf die ökonomische Atmung.

Während der **Erholung** erhöht sich das mittlere Atemäquivalent auf  $40,4 \pm 4,2$  (1. Erholungsminute), wobei O. H. mit 45,3 wie schon 1991 den Höchstwert erreicht. Das niedrigste AÄ in der ersten Erholungsminute hat P. K. mit 35,0. In der zweiten Erholungsminute steigt das durchschnittliche AÄ auf  $45,6 \pm 4,5$  an und fällt anschließend wieder auf  $42,9 \pm 4,5$  (3. Erholungsminute). Danach sinkt es weiter und erreicht nach **fünf Minuten** einen Durchschnittswert von  **$41,9 \pm 2,8$**  (Maximalwert 44,4 von P. S., Minimalwert 38,3 von P. K.). Mit 50,9 in der zweiten Erholungsminute hat O. H. das höchste AÄ aller Probanden und liegt damit deutlich über seinem Vorjahreswert (47,5), der 1991 als höchstes AÄ aller Probanden in der Erholungsphase registriert wurde.

Ausgehend von 29,5 als Ruhewert fällt das Atemäquivalent von L. F. nach Belastungsbeginn auf 28,8 ab und sinkt anschließend weiter auf 25,8 (2. Minute). Danach steigt es wieder auf 26,4 (3. Minute). Auffällig ist, dass das AÄ von L. F. in der ersten Pause nicht ansteigt, sondern mit 26,3 sogar noch knapp unter dem Wert der vorhergehenden Belastungsminute liegt. Nach Wiederaufnahme der Beanspruchung steigt das AÄ des Probanden 28,8 (5. Minute) und fällt anschließend auf 25,3 (6. Minute). Sein niedrigstes AÄ erreicht L. F. mit 24,3 in der elften Minute. Seinen Höchstwert von 41,3 hat der Proband in der sechsten Pause (24. Minute). Anschließend fällt das AÄ in der 25. Minute auf 35,4. Dies ist der höchste Wert den L. F. während der Belastung – ohne Berücksichtigung der Pausen – erreicht. Am Belastungsende sinkt sein AÄ auf 31,8 ab. In der ersten Erholungsminute hat L. F. mit 41,3 den gleichen Wert wie in der vorhergehenden Belastungspause (24. Minute). Danach erreicht das AÄ des Probanden seinen Höchstwert von 47,6 (2. Erholungsminute). Eine Minute später ist das Atemäquivalent von L. F. auf 45,9 gesunken und in der vierten und fünften Erholungsminute wird jeweils 41,3 registriert.

Die nächste Abbildung zeigt die Mittelwertskurve des *Atemäquivalents* der **Hockey-Knaben A des Limburger HC 1992** in Ruhe, während und nach erschöpfender **spiroergometrischer Fahrradbelastung**.

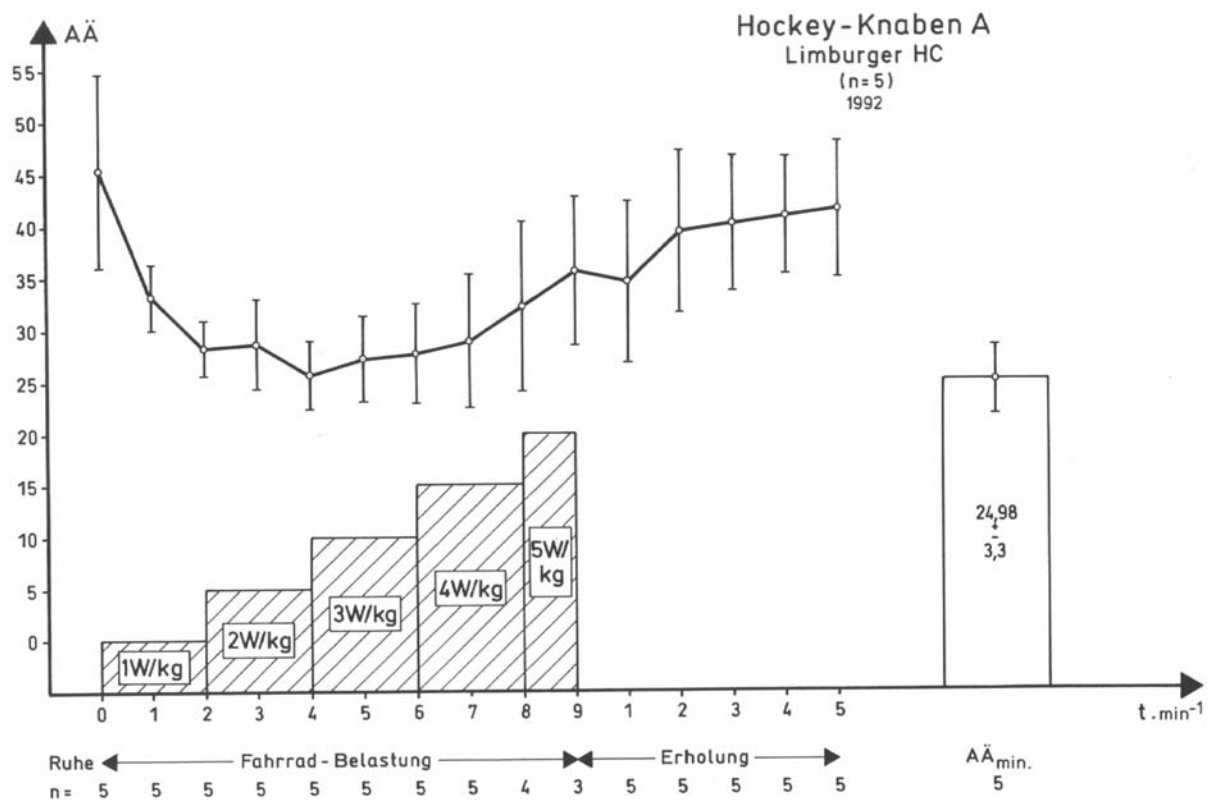


Abb. 71:

*Mittelwerte des Atemäquivalents (AÄ) von Hockeyspielern (Knaben A) vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Die Limburger A-Knaben haben 1992 ein durchschnittliches **Ruhe-Atemäquivalent** von **45,4 ± 9,4**. Dieser Wert fällt mit einsetzender Belastung in der ersten Minute zunächst auf **33,2 ± 3,3** ab. Nach einem weiteren Absinken in der zweiten Testminute (**28,2 ± 2,7**) steigt das mittlere AÄ kurzfristig leicht an (in der 3. Minute auf **28,6 ± 4,4**), um anschließend wieder zu fallen (in der 4. Minute auf **25,5 ± 3,4**). Danach klettert es bis zum Belastungsende erneut nach oben. Die letzten drei Probanden erreichen in der neunten Minute ein durchschnittliches Atemäquivalent von **35,6 ± 7,2**.

Das mittlere **AÄ-Minimum**, errechnet aus den individuellen kleinsten Werten während der Beanspruchungsphase, beträgt **25,0 ± 3,3** (niedrigster Belastungsminimalwert 20,8 von S. B. und höchster Belastungsminimalwert 29,3 von M. N.).

In der **Erholungsphase** fällt das durchschnittliche **Atemäquivalent** zunächst leicht auf **34,5 ± 7,9** (1. Erholungsminute) ab, um anschließend wieder bis auf **41,6 ± 6,6** (**5. Erholungsminute**) anzusteigen. S. B. hat nach fünf Erholungsminuten mit 31,5 den niedrigsten und J. G. mit 49,1 den höchsten AÄ-Wert.

In der *Abbildung 72* sind die Durchschnittswerte des **Atemäquivalents** von **B-Jugend Hockeyspielern** des **LHC 1992** in Ruhe, während und nach erschöpfender **spiroergometrischer Belastung** auf dem **Fahrrad** dargestellt.

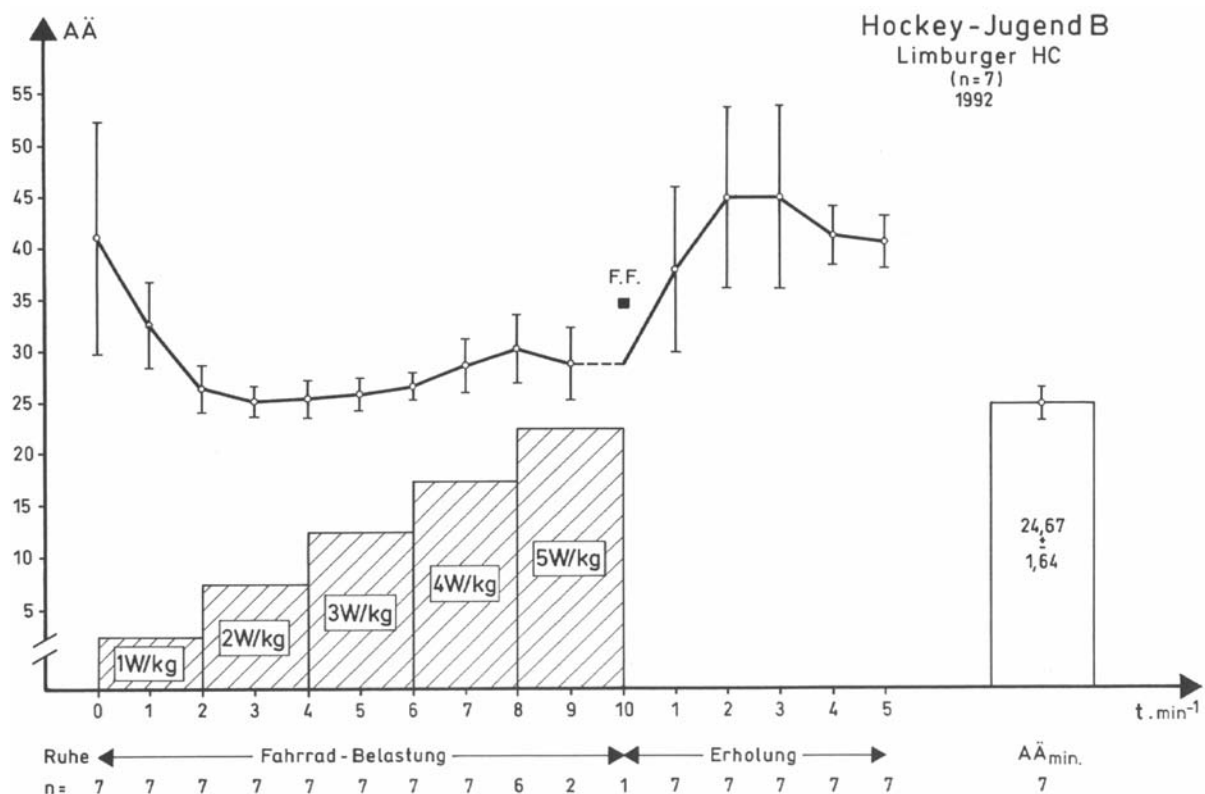


Abb. 72:

*Mittelwerte des Atemäquivalents (AÄ) von Hockey-B-Jugendspielern 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie.*

Das mittlere **Ruhe-Atemäquivalent** der B-Jugendspieler des LHC beträgt  $41,1 \pm 11,3$ . Nach Belastungsbeginn sinkt das AÄ erst einmal auf  $32,7 \pm 4,2$  (1. Minute) und fällt dann bis zur dritten Minute ( $25,2 \pm 1,5$ ) weiter ab. Nach einer Stagnation bzw. einem geringstgradigen Anstieg in der vierten Minute ( $25,3 \pm 1,9$ ) geht die Kurve des Atemäquivalents der Jugendlichen zunächst allmählich – später steiler – wieder nach oben.

Das mittlere **minimale Atemäquivalent**, das aus den individuellen Minimalwerten während der Belastung ermittelt wurde, liegt bei  $24,7 \pm 1,6$ . Den kleinsten Belastungsminimalwert hat N. P. mit 22,0 und das höchste Minimal-AÄ (27,3) ist für F. W. registriert.

Nach dem **Beanspruchungsende** steigt das mittlere Atemäquivalent der jungen Sportler in der ersten Erholungsminute steil auf  $37,8 \pm 8,0$  an und klettert dann zunächst weiter nach oben (in der 2. Erholungsminute auf  $44,8 \pm 8,7$ ). In der dritten Erholungsminute stagniert das AÄ etwas ( $44,7 \pm 8,9$ ) und beginnt dann deutlicher zu fallen (in der 4. Erholungsminute auf  $41,0 \pm 2,8$ ). Nach **fünfminütiger Erholung** hat das **Durchschnitts-AÄ** der Hockeyspieler einen Wert von  $40,4 \pm 2,6$  erreicht. S. J. hat am Ende dieser Erholungsphase mit 37,0 das kleinste und F. F. mit 44,4 das größte Atemäquivalent der Gruppe.

F. F. beginnt mit einem Ruhe-Atemäquivalent von 47,9, das nach Beanspruchungsbeginn auf 37,7 abfällt. Das AÄ des Probanden sinkt weiter und erreicht in der vierten und fünften Minute mit 24,4 seinen Tiefstand. Anschließend beginnt es wieder zu steigen. Seinen

höchsten Wert erreicht F. F. in der letzten Belastungsminute (34,5). Nach Belastungsende klettert das AÄ zunächst auf 49,7 (1. und 2. Erholungsminute), fällt dann 44,4 (3. Erholungsminute) und 42,9 (4. Erholungsminute) ab, um schließlich in der fünften Minute noch einmal auf 44,4 zu steigen.

Die *Tabelle 20* enthält einige Werte des **Atemäquivalents** der einzelnen untersuchten Probandengruppen:

**Tab. 20:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen des Atemäquivalents in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Minimums (errechnet aus den individuellen Minimalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Atemäquivalent</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>min.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. min.</b>	<b>höchst. min.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	40,1 ± 9,3	25,2 ± 3,6	23,1 ± 3,3	34,7 ± 4,6	39,9 ± 3,6	19,1 (S. S.)	31,1 (M. K.)	33,9 (S. S.)	45,7 (O. H.)
<b>SL</b>	39,0 ± 6,9	28,35 ± 3,4	23,75 ± 2,2	40,4 ± 4,2	41,9 ± 2,8	21,9 (P. K.)	26,6 (O. H.)	38,3 (P. K.)	44,4 (P. S.)
<b>F 1</b>	45,4 ± 9,4	33,2 ± 3,3	25 ± 3,3	34,5 ± 7,9	41,6 ± 6,6	20,8 (S. B.)	29,3 (M. N.)	31,5 (S. B.)	49,1 (J. G.)
<b>F 2</b>	41,1 ± 11,3	32,7 ± 4,2	24,7 ± 1,6	37,8 ± 8	40,4 ± 2,6	22,0 (N. P.)	27,3 (F. W.)	37,0 (S. J.)	44,4 (F. F.)

*L* = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991, n = 10),

*SL* = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992, n = 4),

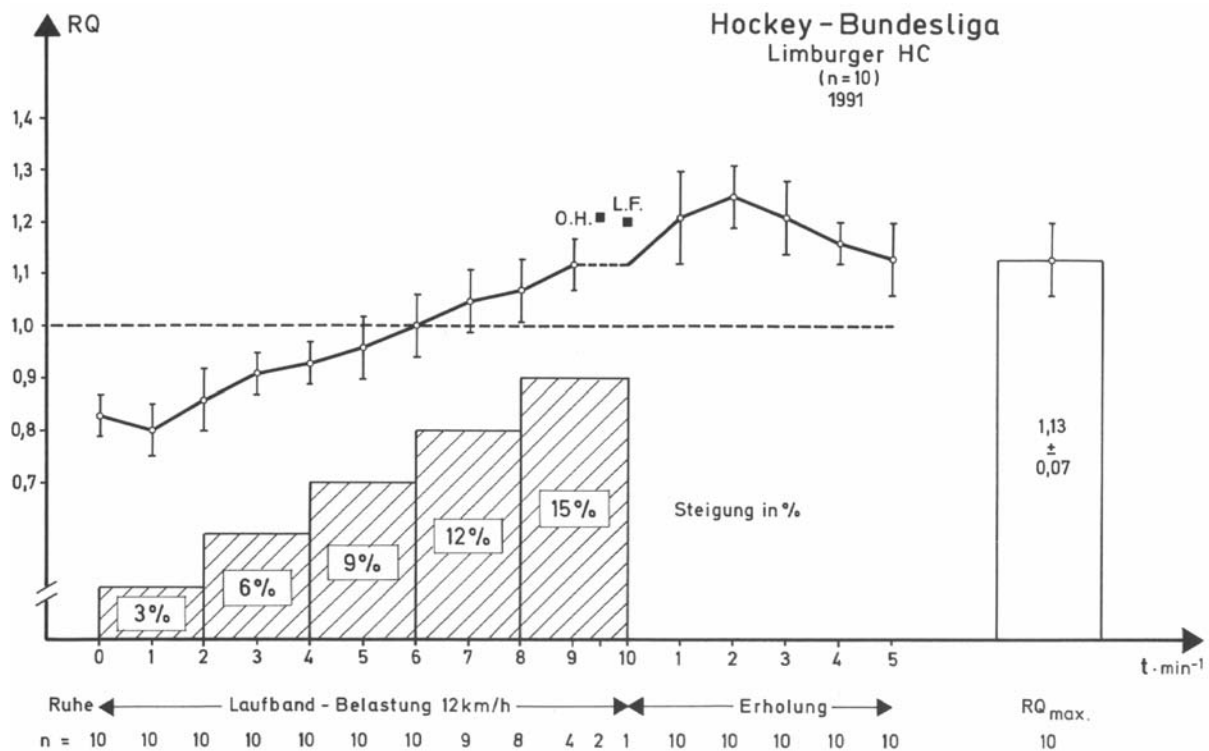
*F 1* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992, n = 5),

*F 2* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992, n = 7).

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Minimalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.

## 6.5.2 Respiratorischer Quotient

Das Verhalten des *Respiratorischen Quotienten (VRQ)* von **Hockeyspielern** des **Bundesligisten Limburger HC** bei maximaler Laufarbeit auf dem **Laufband 1991** ist in *Abbildung 73* dargestellt.



**Abb. 73:**

*Mittelwerte des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von Hockeyspielern aus dem Bereich der Bundesliga 1991 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie.*

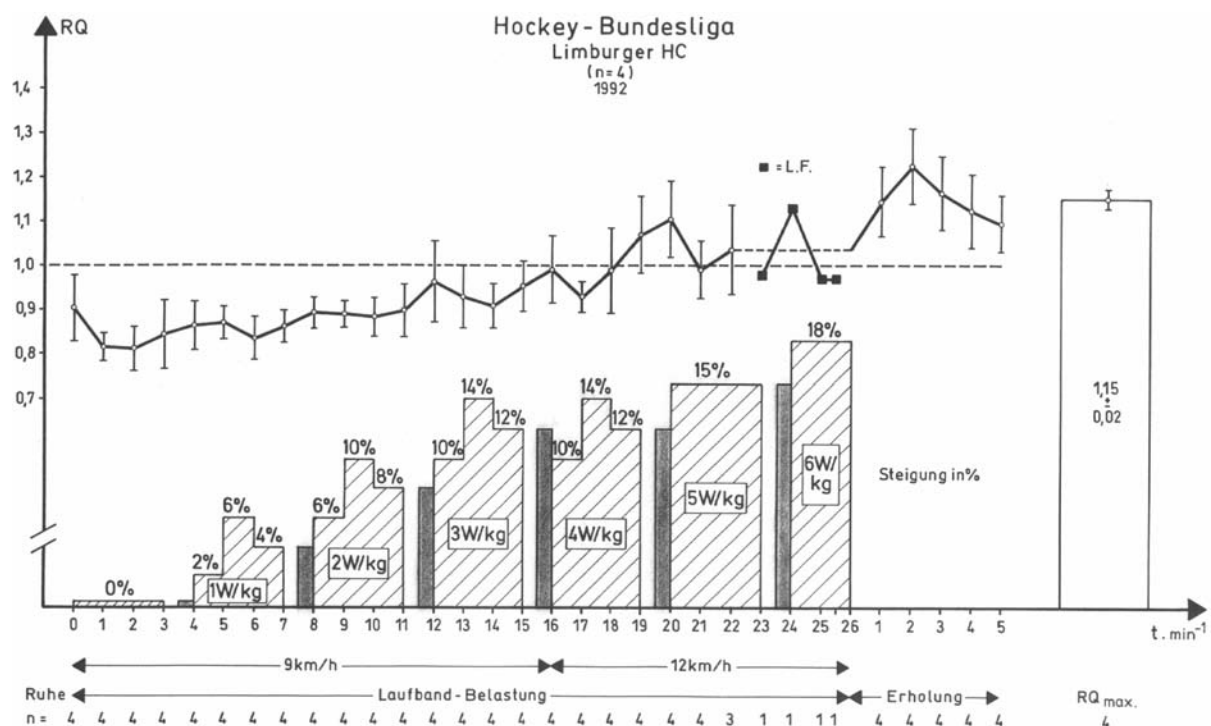
Ausgehend von **0,83 ± 0,04** als mittlerem **Ruhewert** (Höchstwert 0,9 von O. H., niedrigster Einzelwert 0,79 von G. M. und S. S.) fällt der VRQ 1991 in der ersten Belastungsminute geringstgradig auf  $0,8 \pm 0,05$  mit einem maximalen Einzelwert von 0,88 (L. F.) und einem Minimalwert von 0,72 (W. B.). Anschließend erfolgt ab der zweiten Minute ( $0,86 \pm 0,06$ ) ein ständiger Anstieg des mittleren VRQ. In der sechsten Belastungsminute (n = 10) hat der VRQ einen Wert von  $1 \pm 0,06$  erreicht und klettert weiter bis auf  $1,07 \pm 0,06$  in der achten Minute (n = 8). Die vier Probanden, die in der neunten Minute noch aktiv sind, haben einen Durchschnitts-VRQ von  $1,12 \pm 0,05$ .

Ausgehend von 0,86 als Ruhewert erreicht L. F. in der siebten Belastungsminute einen VRQ von 1. Eine Minute später wird bei ihm wieder der gleiche Wert registriert. In den letzten beiden Belastungsminuten überschreitet er diese Marke und beendet die Arbeit nach zehn Minuten mit einem VRQ von 1,2.

O. H. überschreitet in der siebten Belastungsminute mit 1,02 die Marke 1, nachdem eine Minute zuvor noch ein VRQ von 0,94 für ihn registriert ist. Als er nach neun Minuten und 30 Sekunden die Belastung beendet, beträgt sein VRQ 1,21. Damit hat er den höchsten Maximalwert aller zehn Probanden während der Belastungsphase. Der niedrigste Maximalwert ist mit 1,0 für G. M. registriert. Der durchschnittliche **Respiratorische Quotient**, errechnet aus den individuellen **Maximalwerten**, beträgt **1,13 ± 0,07**.

In der ersten Minute der **Erholungsphase** haben die zehn Hockeyspieler einen durchschnittlichen VRQ von  $1,21 \pm 0,09$  (Maximalwert 1,39 von S. S., Minimalwert 1,07 von M. G.). In der zweiten Erholungsminute steigt der VRQ auf  $1,25 \pm 0,06$  an und sinkt dann eine Minute später wieder auf  $1,21 \pm 0,07$  ab. Nach **fünf Minuten Erholung** ist der durchschnittliche **VRQ** der Probanden auf  **$1,13 \pm 0,07$**  abgesunken, wobei der höchste Einzelwert 1,24 (A. J.) und das niedrigste individuelle Messergebnis 1,03 (G. M.) beträgt.

Die folgende Abbildung zeigt das Verhalten des *Respiratorischen Quotienten* von **Bundesliga-Hockeyspielern** des **Limburger HC** bei maximaler Ausbelastung nach dem **spiroergometrischen Laufbandtest 1992**.



**Abb. 74:**

*Mittelwerte des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von Bundesliga-Hockeyspielern 1992 vor, während und nach erschöpfender Beanspruchung nach dem sportartspezifischen Laufbandtest.*

Bei einem durchschnittlichen **Ruhewert** des **Respiratorischen Quotienten** von  **$0,905 \pm 0,08$**  liegt P. K. mit 0,97 ganz oben in der Testgruppe, während der niedrigste Einzelwert (0,81) bei L. F. registriert ist. Nach Belastungsbeginn sinkt der VRQ zunächst auf  $0,82 \pm 0,03$  (Höchstwert 0,84 von L. F. sowie O. H. und Minimalwert 0,77 von P. S.), um dann in der zweiten Belastungsminute geringstgradig auf  $0,81 \pm 0,05$  weiter zu fallen und eine Minute später wieder auf  $0,84 \pm 0,08$  zu steigen. In der ersten Pause klettert der mittlere VRQ auf  $0,86 \pm 0,06$ . Insgesamt kommt es fortan zu einem Anstieg des Respiratorischen Quotienten, wenn er auch zwischenzeitlich in einigen Belastungsminuten wieder gering sinkt. In der 19. Minute überschreitet der Mittelwert mit  $1,07 \pm 0,09$  die Schwelle von 0 zu 1. Nach der fünften Belastungsunterbrechung (20. Minute, Durchschnittswert  $1,1 \pm 0,09$ ) fällt der VRQ noch einmal auf  $0,99 \pm 0,07$ , um anschließend wieder auf  $1,04 \pm 0,1$  zu steigen (22. Minute).

Als mittlerer **Maximalwert** des **Respiratorischen Quotienten** wurde  **$1,15 \pm 0,02$**  ermittelt (ohne Berücksichtigung der Belastungsunterbrechungen  $1,09 \pm 0,08$ ), während das **Durchschnittsminimum** bei  **$0,785 \pm 0,04$**  liegt.

L. F. hat einen Ruhewert von 0,81, der nach Belastungsbeginn auf 0,84 steigt, jedoch anschließend wieder auf 0,79 (2. Minute) fällt. In der dritten Minute sowie in der ersten Pause ist sein VRQ 0,81. Dieser steigt nun, wenn auch mit Unterbrechungen langsam an und überschreitet in der sechsten Belastungsunterbrechung (24. Minute) mit 1,13 erstmals die Marke 1. In den letzten beiden Belastungsminuten fällt sein VRQ dann auf 0,97.

Der mittlere Respiratorische Quotient aller Probanden in der ersten Erholungsminute beträgt  $1,145 \pm 0,08$ , wobei O. H. mit 1,26 den Höchstwert erreicht, während P. K. mit 1,09 ganz unten rangiert. Der durchschnittliche **VRQ** steigt in der zweiten Erholungsminute auf  $1,22 \pm 0,09$  und fällt in der folgenden Minute wieder auf  $1,16 \pm 0,08$ , um schließlich nach **fünf Minuten** bei  **$1,095 \pm 0,06$**  zu liegen. Nach diesen fünf Erholungsminuten hat L. F. mit 1,0 den niedrigsten Einzelwert und P. S. mit 1,14 den höchsten.

Das Verhalten des *Respiratorischen Quotienten* der **Knaben A** des **Limburger Hockey-Clubs** bei maximaler Beanspruchung auf dem **Fahrradergometer 1992** ist in der *Abbildung 75* dargestellt.



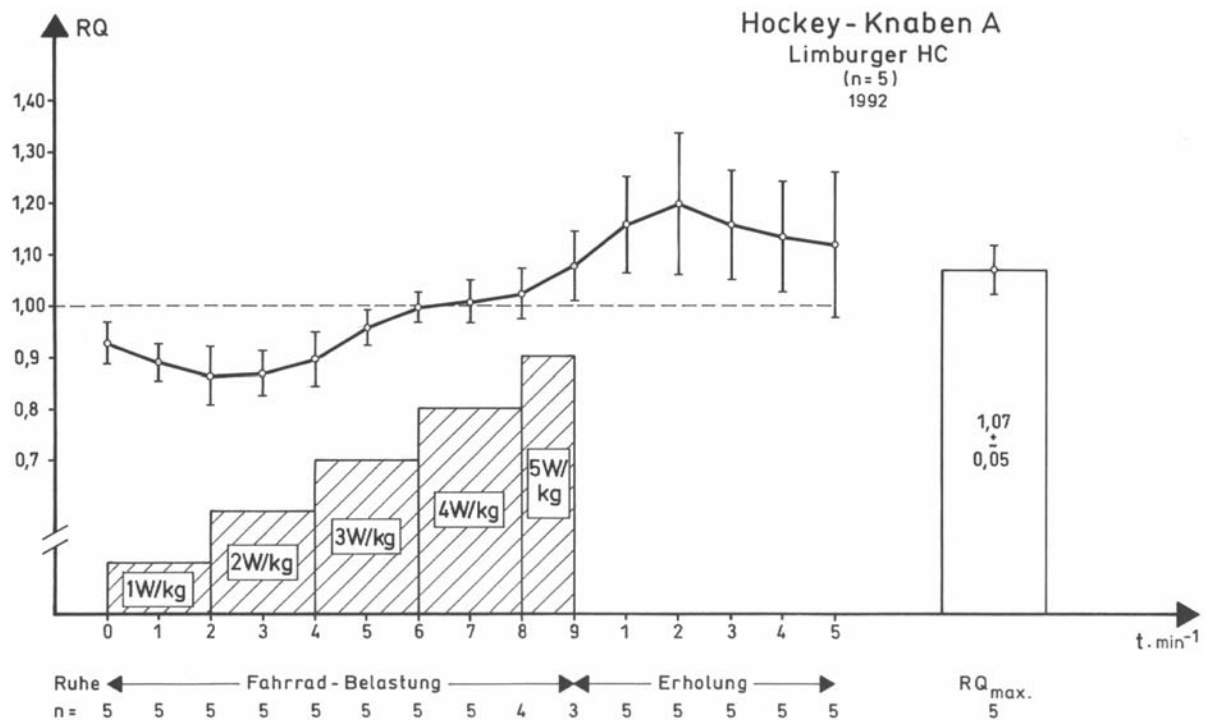


Abb. 75:

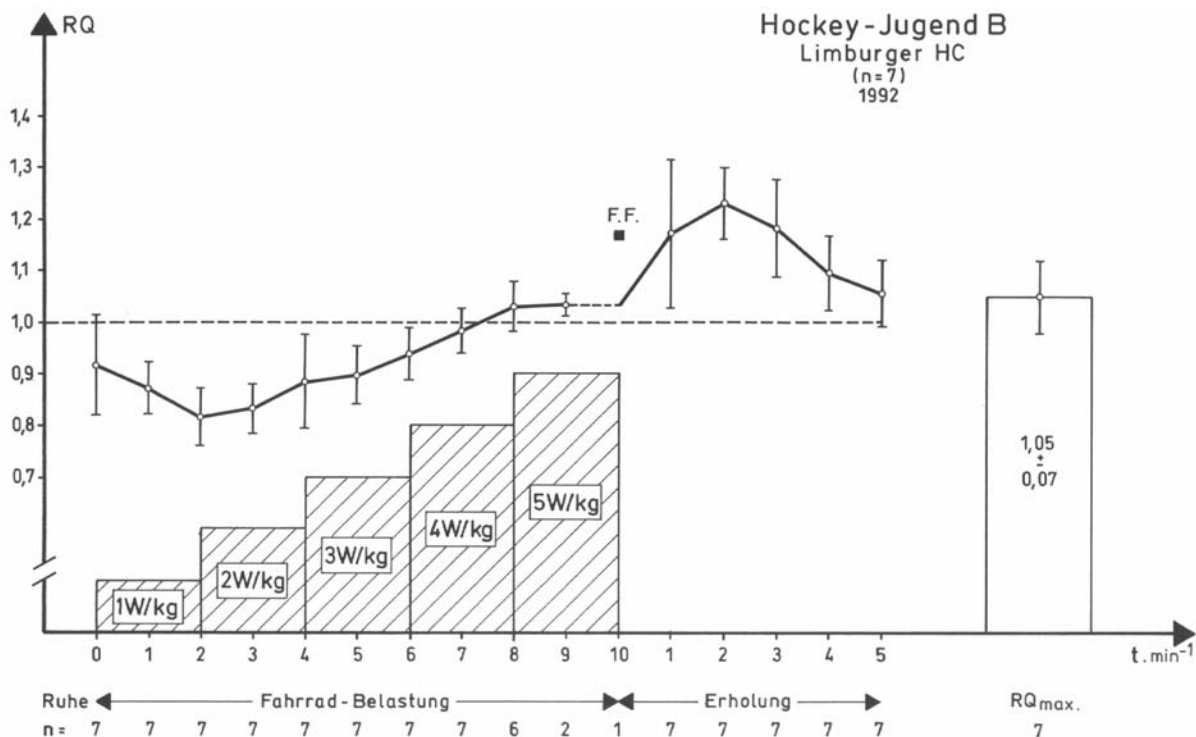
*Mittelwerte des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von Knaben-Hockeyspielern des LHC 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie.*

Die Limburger Hockey-Knaben haben einen mittleren **Respiratorischen Quotienten** in **Ruhe** von **0,93 ± 0,04**. In der ersten Belastungsminute fällt dieser auf  $0,89 \pm 0,04$  und sinkt in der zweiten Beanspruchungsminute noch weiter ab ( $0,87 \pm 0,06$ ). Anschließend stagniert er etwas ( $0,87 \pm 0,04$  in der dritten Minute), dann beginnt der Durchschnitts-VRQ wieder leicht zu steigen (in der 4. Minute auf  $0,9 \pm 0,05$ ) und überschreitet schließlich in der siebten Minute die Marke 1 ( $1,01 \pm 0,04$ ). Allen Untersuchungsteilnehmern gelingt es über diesen Punkt hinauszukommen. Die letzten drei Aktiven erreichen in der neunten und damit letzten Belastungsminute einen VRQ von  $1,08 \pm 0,08$ .

Der durchschnittliche **maximale Respiratorische Quotient** der jungen Probandengruppe, errechnet aus den individuellen Höchstwerten, beträgt **1,07 ± 0,05**. R. G. rangiert hier mit 1,15 an erster Stelle, während M. N. mit einem VRQ von 1,03 das Schlusslicht bildet.

Nach **Belastungsabbruch** erhöht sich der **VRQ** der Knaben A auf  $1,16 \pm 0,09$  (1. Erholungsminute) und steigt in der zweiten Erholungsminute weiter auf  $1,2 \pm 0,14$  an. Anschließend ist ein kontinuierliches Absinken von  $1,16 \pm 0,11$  (3. Erholungsminute) bis auf **1,12 ± 0,14** nach **fünf Minuten** Erholung zu beobachten. M. P. hat am Ende dieser fünfminütigen Erholungsphase mit 0,87 den niedrigsten VRQ, und für R. G., der auch während der Belastung den größten Respiratorischen Quotienten erreicht, ist der höchste Wert (1,21) registriert.

Der *Respiratorische Quotient* von **Hockeyspielern der B-Jugendmannschaft 1992** des **LHC** bei maximaler Belastung auf dem **Fahrrad** ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.



**Abb. 76:**

*Mittelwerte des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von B-Jugend-Hockeyspielern des Limburger HC vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie 1992.*

Mit  $0,92 \pm 0,1$  unterscheidet sich der durchschnittliche **Ruhewert** der B-Jugendlichen Hockeyspieler des LHC nur geringfügig von dem Ruhe-VRQ der „Knabengruppe“. Mit einsetzender Belastung sinkt der Respiratorische Quotient der Limburger Probanden erst einmal auf  $0,87 \pm 0,05$  (1. Minute) ab, um in der zweiten Beanspruchungsminute noch weiter nach unten zu gehen ( $0,82 \pm 0,06$ ). Ab der dritten Minute ( $0,83 \pm 0,05$ ) erfolgt dann wieder ein Anstieg des Durchschnittswertes. Die Marke 1 wird mit  $1,03 \pm 0,05$  in der achten Belastungsminute überschritten. Alle Jugendspieler überschreiten bzw. erreichen diese Marke. Die drei Sportler S. J., N. P. und F. W. haben mit einem Wert von 1,0 den niedrigsten maximalen Belastungs-VRQ, während F. F. mit 1,17 ganz oben steht. Aus den einzelnen Höchstwerten errechnet sich ein mittlerer **maximaler Respiratorischer Quotient** von  $1,05 \pm 0,07$ . Der durchschnittliche VRQ der Untersuchungsgruppe klettert in der ersten Minute der **Erholungsphase** auf  $1,17 \pm 0,14$  (1. Erholungsminute) und steigt in der zweiten Erholungsminute nochmals auf  $1,23 \pm 0,07$  an, bevor er ab der dritten Minute ( $1,18 \pm 0,09$ ) wieder zu fallen beginnt. Nach **fünfminütiger Erholung** ist der Mittelwert bei  $1,06 \pm 0,07$  angelangt. Mit 0,97 hat M. S. am Erholungsende den kleinsten VRQ, während F. F., für den bereits der Belastungsmaximalwert registriert wurde, mit 1,14 am höchsten liegt.

Bei F. F., der in dieser Probandengruppe ja am längsten beansprucht werden konnte, sinkt der Ruhewert 0,92 in der ersten Belastungsminute nur geringfügig auf 0,91 ab. Eine Minute später erreicht der Respiratorische Quotient des Probanden mit 0,83 seinen Tiefstand. Anschließend beginnt der VRQ wieder zu steigen und klettert in der achten Belastungsminute auf den Wert 1. F. F. fährt noch zwei Minuten und hat am Belastungsende einen VRQ von 1,17. In der Erholungsphase steigt der Respiratorische Quotient zunächst auf 1,4 (1. Minute) und sinkt dann langsam bis auf 1,14 (5. Erholungsminute) ab.

In der *Tabelle 21* wird der **Respiratorische Quotient** der verschiedenen Probandengruppen verglichen:

**Tab. 21:**

*Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen des Respiratorischen Quotienten in Ruhe, in der ersten Belastungsminute, in der ersten und fünften Erholungsminute sowie Darstellung des durchschnittlichen Belastungs-Maximums (errechnet aus den individuellen Maximalwerten der einzelnen Probanden) bei erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

<b>Respiratorischer Quotient</b>									
<b>Durchschnittswerte</b>						<b>Individualwerte</b>			
	<b>Ruhe</b>	<b>1. min</b>	<b>max.</b>	<b>E 1</b>	<b>E 5</b>	<b>niedrig. max.</b>	<b>höchst. max.</b>	<b>niedrig. E 5</b>	<b>höchst. E 5</b>
<b>L</b>	0,83 ± 0,04	0,8 ± 0,05	1,13 ± 0,07	1,21 ± 0,09	1,13 ± 0,07	1 (G. M.)	1,21 (O. H.)	1,03 (G. M.)	1,24 (A. J.)
<b>SL</b>	0,905 ± 0,08	0,815 ± 0,03	1,09 ± 0,08*	1,145 ± 0,08	1,095 ± 0,06	0,98 (L. F.)**	1,16 (P. S.)**	1 (L. F.)	1,14 (P. S.)
<b>F 1</b>	0,93 ± 0,04	0,89 ± 0,04	1,07 ± 0,05	1,16 ± 0,09	1,12 ± 0,14	1,03 (M. N.)	1,15 (R. G.)	0,87 (M. P.)	1,21 (R. G.)
<b>F 2</b>	0,92 ± 0,1	0,87 ± 0,05	1,05 ± 0,07	1,17 ± 0,14	1,06 ± 0,07	1 (S. J.) (N. P.) (F. W.)	1,17 (F. F.)	0,97 (M. S.)	1,14 (F. F.)

*L* = Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Bundesliga 1991, n = 10),

*SL* = Sportartspezifische Laufbandspiroergometrie (Hockey LHC Bundesliga 1992, n = 4),

*F 1* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC Knaben A 1992, n = 5),

*F 2* = Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode (Hockey LHC männliche Jugend B 1992, n = 7).

Weiterhin ist jeweils der niedrigste und höchste registrierte Belastungs-Maximalwert sowie der niedrigste und höchste Erholungswert nach fünfminütiger Erholung mit dem entsprechenden Namenskürzel der Probanden aufgeführt.

\* Bei der Angabe des mittleren Maximums wurden bei der Untersuchung nach dem sportartspezifischen Belastungstest die Messungen in den Pausen nicht berücksichtigt. Werden diese einbezogen, so beträgt der durchschnittliche maximale Respiratorische Quotient der Probanden  $1,15 \pm 0,02$ .

\*\* Auch bei diesen Angaben wurden die Belastungspausen während des sportartspezifischen Belastungstests nicht berücksichtigt. Während der Belastungsunterbrechungen wurden teilweise höhere Werte registriert (niedrigster Maximalwert 1,13 von L. F. und höchster Maximalwert 1,18 von O. H.).

## 7 Diskussion

Ausgehend von den unterschiedlichen Belastungsprofilen der durchgeführten Leistungsprüfverfahren sollte eine vergleichende Bewertung der Testergebnisse für die unterschiedlichen Belastungsverfahren getrennt vorgenommen werden. Dennoch bietet sich auch ein Vergleich der Ergebnisse untereinander an. Dies ist zum einen dadurch begründet, dass **alle Untersuchungen**, egal ob auf dem **Fahrrad** oder dem **Laufband**, wenn auch in unterschiedlichen Varianten, nach der **1 Watt/kg Körpergewichts-Methode** durchgeführt wurden, wodurch ein Vergleich legitimiert ist bzw. sich sogar anbietet. Andererseits bietet eine Gegenüberstellung der Testergebnisse die Möglichkeit, das 1986 von NOWACKI u. Mitarb. (vgl. NOWACKI u. Mitarb. 1988, KRÜMMELBEIN 1989, PREUHS 1990) neu entwickelte und von BÖTTIG erweiterte **sportartspezifische Belastungsverfahren** mit der bewährten Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg Körpergewicht-Methode zu vergleichen bzw. zu überprüfen, einzuordnen und gegebenenfalls zu verifizieren.

Weiterhin liefern vergleichende Betrachtungen der Vorstart- sowie der Maximal- und Erholungswerte bedeutende Informationen über die unterschiedliche Beeinflussung der kardialen, kardiopulmonalen und metabolischen Leistungsgrößen durch das jeweilige Belastungsverfahren auf dem Fahrrad oder Laufband.

### 7.1 Funktionsdiagnostik der körperlichen Leistungsfähigkeit

#### Gesamtarbeit in Wattminuten und Belastungszeit

Die Gesamtarbeit in Wattminuten, errechnet aus der Summe der erbrachten Leistungen in Watt pro Belastungsminute über den gesamten Belastungszeitraum, bietet sich als gut vergleichbarer und zur Beurteilung des körperlichen Leistungsvermögens als ein sehr aufschlussreicher Parameter an. Voraussetzung für einen **Vergleich** mit dem **Parameter Gesamtarbeit in Wattminuten**, auch zur Überprüfung einer Trainingsperiode, ist aber immer ein **identisches ergometrisches Belastungsverfahren**. So können Steigerungen mit kleinen Wattstufen zu einer längeren Belastungsdauer führen, was dann die Summe der Wattstufen als Gesamtarbeit steigen lässt (NOWACKI 1977, NOWACKI u. Mitarb. 1980a, 1980b, SCHÖLL 1995, ELGOHARI 2003).

Das in Anlehnung an das körpergewichtsbezogene Belastungsverfahren auf dem Fahrradergometer (Gießener Modell nach NOWACKI) von NOWACKI u. Mitarb. (1980a, 1980b)

entwickelte körperrgewichtsbezogene Belastungsverfahren für das Laufband ermöglicht neben einer präzisen vergleichbaren Beurteilung der **absoluten Gesamtarbeit in Wattminuten** auch Aussagen über die **relative körperliche Leistungsfähigkeit in Wattminuten/kg KG**.

Die **relative maximale Wattstufe (Watt/kg KG)**, die sowohl national als auch international in den letzten 30 Jahren auf der Grundlage der sportmedizinischen Forschungen an der Justus-Liebig-Universität Gießen übernommen wurde, bildet im Rahmen der **Leistungsdiagnostik** eines der **bedeutendsten Kriterien** (NOWACKI 1977, 1978, 1987b, KINDERMANN 1987, ZHAO 1995, MOHAMMED 1999, KREUTER 2007).

Da lediglich die maximal erreichte Wattstufe durch das Körpergewicht des Probanden dividiert werden muss, kann die **Beurteilung des Trainingszustandes** für jedes **ergometrische Belastungsverfahren** angewendet werden. Voraussetzung ist jedoch, dass die Erschöpfung in einem Zeitraum von *mindestens 5* bis *höchstens 12 Minuten* erreicht wird. ZHAO (1995) konnte anhand seiner Experimente nachweisen, dass durch zeitlich länger konzipierte Ergometriemethoden sehr gut trainierte Sportler nicht mehr so hohe maximale Wattstufen erreichen (NOWACKI 1977, MOHAMMED 1999, KREUTER 2007).

**Tab. 22:**

*Beurteilungskriterien für die Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Ausbelastung mit dem Gießener körperrgewichtsbezogenen Belastungsverfahren (1 Watt/kg Körpergewichts-Methode) nach NOWACKI (1977, 2005).*

<b>Belastungszeit in Minuten</b>	<b>1 Watt/kg KG-Methode</b>	<b>Beurteilung</b>
<b>1. min</b>	<b>1</b>	<b>sicherer Hinweis auf pathologische Veränderungen</b>
<b>2. min</b>	<b>1</b>	<b>Verdacht auf pathologische Veränderungen</b>
<b>3. min</b>	<b>2</b>	<b>leistungsschwach</b>
<b>4. min</b>	<b>2</b>	<b>reduzierte Leistung eines Untrainierten</b>
<b>5. min</b>	<b>3</b>	<b>ausreichende Leistung eines Untrainierten</b>
<b>6. min</b>	<b>3</b>	<b>normales Leistungsniveau eines Untrainierten</b>
<b>7. min</b>	<b>4</b>	<b>befriedigend trainiertes körperliches Leistungsvermögen</b>
<b>8. min</b>	<b>4</b>	<b>gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen</b>
<b>9.-10. min</b>	<b>5</b>	<b>sehr gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen</b>
<b>11.-12. min</b>	<b>6</b>	<b>Hochleistungstrainingszustand</b>

Wie bereits erwähnt, wurden die Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC 1991 nach der 1 Watt/kg KG Belastungsmethode bei einer konstanten Laufbandgeschwindigkeit von 12 km/h zunächst mit einer Steigung von 3 % konfrontiert, die dann alle zwei Minuten um drei Prozent erhöht wurde. Für die Leistungssportler gewährleistet dieses Belastungsverfahren die Möglichkeit einer kardiozirkulatorischen und kardiopulmonalen Ausbelastung.

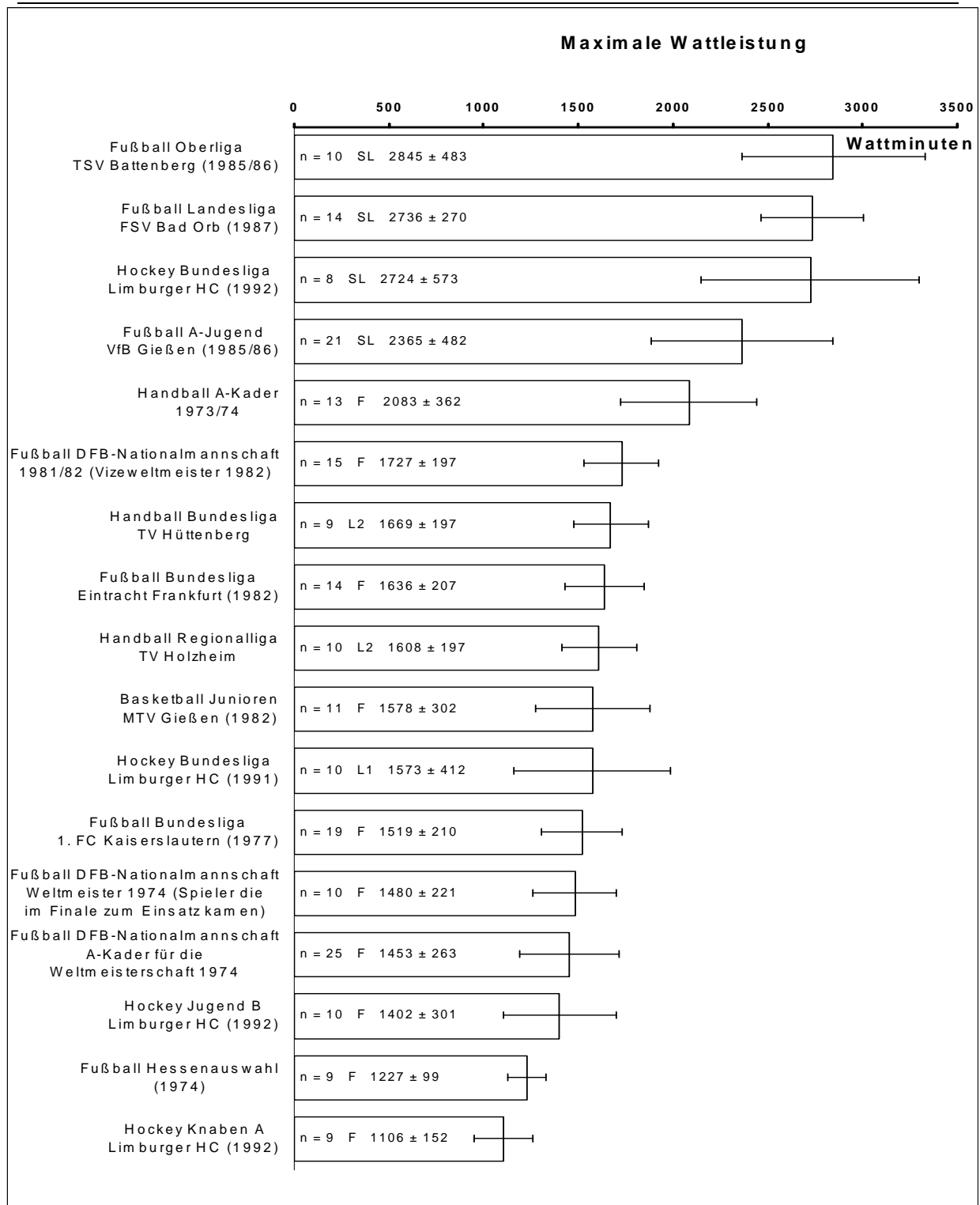
Die Einhaltung der von MELLEROWICZ (1979) geforderten **Kriterien zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung** bezüglich der Dauer ergometrischer Belastungszeit ist durch dieses Belastungsverfahren gewährleistet. Die ergometrische

Belastungszeit der untersuchten Probanden umfasst Zeiträume von sechs bis zehn Minuten. Wie zuvor in *Kapitel 6.1* erwähnt, schaffte L. F., der als einziger zwei Minuten 15 % Steigung bewältigte, die höchste erbrachte Leistung. Dies entspricht einem körperlichen Leistungsvermögen von zwei Minuten 5 Watt/kg KG und ist als sehr gut trainiertes körperliches Leistungsvermögen anzusehen. Insgesamt erreichten vier Sportler 1991 die 5 Watt/kg KG Stufe. Als einziger Proband schaffte M. K. lediglich eine Steigung von 9 % und hat damit den niedrigsten Wert aller Untersuchungsteilnehmer. Dies ist einer relativen Leistung von 3 Watt/kg Körpergewicht gleichzusetzen und entspricht der normalen Leistung eines Untrainierten. Man muss jedoch erwähnen, dass es sich bei diesem Spieler um einen Torhüter handelt, bei dem die konditionellen Fähigkeiten nicht so im Vordergrund stehen wie andere Leistungselemente.

Die längere Belastungszeit bei der Anwendung des sportartspezifischen Laufbandtests kann nach den Untersuchungen von ZHAO (1995) als möglicher Nachteil der Untersuchungsmethode angesehen werden. Dennoch konnten erneut vier Sportler 1992 die 5 Watt/kg KG erreichen und L. F. bewältigte im sportartspezifischen Laufbandtest 1,5 Minuten lang eine Steigung von 18 % bei einer Bandgeschwindigkeit von 12 km/h. Dies ist einem körperlichen Leistungsvermögen von 6 Watt/kg KG gleichzusetzen und damit dringt der Sportler in den Bereich des Hochleistungstrainingszustand vor.

Während 1991 lediglich ein Proband nicht über 3 Watt/kg KG hinaus kam, drangen 1992 sowohl die Bundesliga- als auch die Nachwuchshockeyspieler alle mindestens bis in die 4 Watt/kg KG Stufe vor. Dies spricht für den guten bis sehr guten Trainingszustand der Limburger Hockeyspieler.

In der *Abbildung 77* sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtarbeit in Wattminuten der Bundesliga-Hockeyspieler 1991 und 1992 sowie der Knaben A und männlichen B-Jugend den herangezogenen Vergleichsgruppen gegenübergestellt. Den höchsten Wert erreichen die nach dem sportartspezifischen Laufbandtest untersuchten **Fußballspieler** des Landesligisten FSV Bad Orb mit **2736 ± 270 Wattminuten**. Mit **2724 ± 573 Wattminuten** ist die Leistung der **1992** nach dem gleichen Verfahren untersuchten **Hockeyspieler** nur geringfügig niedriger. Dagegen liegen die Limburger **Bundesliga-Hockeyspieler 1991** mit ihrer mittleren Wattleistung von **1573 ± 412 Wattminuten** deutlich unter diesen Werten und befinden sich im Bereich der **Basketball-Junioren** des MTV Gießen, deren **Gesamtarbeit 1578 ± 302 Wattminuten** beträgt. Dieses unterschiedliche Abschneiden der Probanden dürfte auf die verschiedenen Belastungsverfahren zurückzuführen sein. Beim sportartspezifischen Laufbandtest sind die einzelnen Belastungsstufen zwar länger, aber die „Zwischenminuten“ bieten auch wieder Zeit zur Regeneration. Bei der Betrachtung der auf dem Laufband untersuchten Vergleichsgruppen liegen jedoch die Hockeyspieler 1991 an letzter Stelle. Die **Handballspieler** erreichen eine **Gesamtarbeit** von **1669 ± 197 Wattminuten** (TV Hüttenberg) bzw. **1608 ± 197 Wattminuten** (TV Holzheim). Mit **1402 ± 301 Wattminuten** befinden sich die Limburger **B-Jugendlichen** noch vor der auf dem **Fahrradergometer** untersuchten **Fußball Hessenauswahl** von **1974**, die es auf **1227 ± 99 Wattminuten** bringt. Die jungen **Knaben A** des LHC (**1106 ± 152 Wattminuten**) sind erwartungsgemäß an letzter Stelle zu finden.



- F = Fahrradergometrie 1 Watt/kg KG-Methode
- L 1 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 12 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 3 %)
- L 2 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 9 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 4 %)
- S L = Sportartspezifische Laufbandergometrie

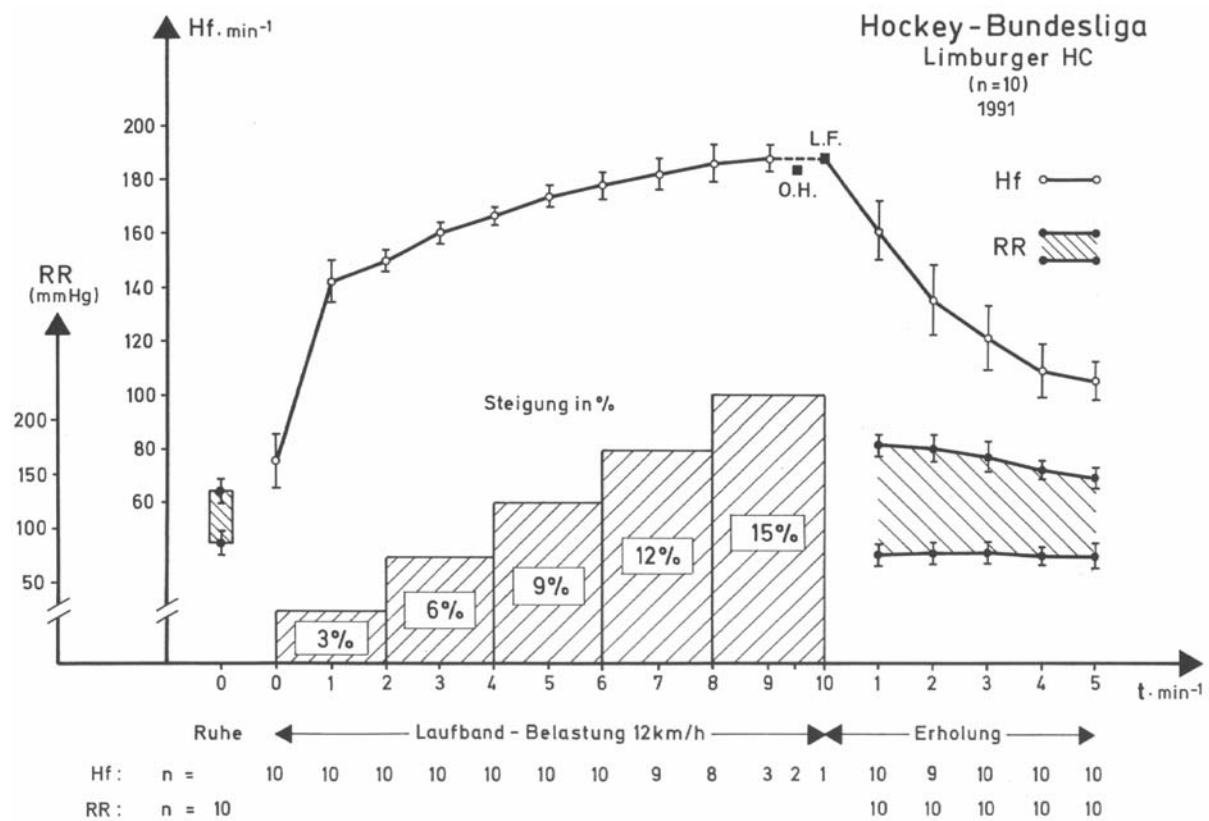
**Abb. 77:**

*Mittelwerte und Standardabweichungen der maximalen Gesamtarbeit in Wattminuten verschiedener Ballsportarten nach erschöpfender Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie.*

## 7.2 Kardiozirkulatorische Funktionsgrößen

Die folgenden *Abbildungen 78 bis 81* bestätigen noch einmal, dass die eingesetzten Belastungsverfahren – Laufband allgemein und sportartspezifisch sowie Fahrradspiroergometrie im Sitzen – auf der Grundlage der 1 Watt/kg KG-Methode (vgl. NOWACKI u. Mitarb. 1988, KRÜMMELBEIN 1989, PREUHS 1990) alle zu einer maximalen Ausbelastung des kardiozirkulatorischen Systems führen.

*Abbildung 78* präsentiert den durchschnittlichen **Kurvenverlauf** der **Herzschlagfrequenz** ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) der Probandengruppe **1991** in Ruhe, während der Belastung und in der Erholungsphase. Ebenso enthält die Abbildung den mittleren **Kurvenverlauf** des **Blutdrucks** ( $RR \text{ mm HG}$ ) vor und nach der **Laufbandbeanspruchung** als Vergleichsparameter.

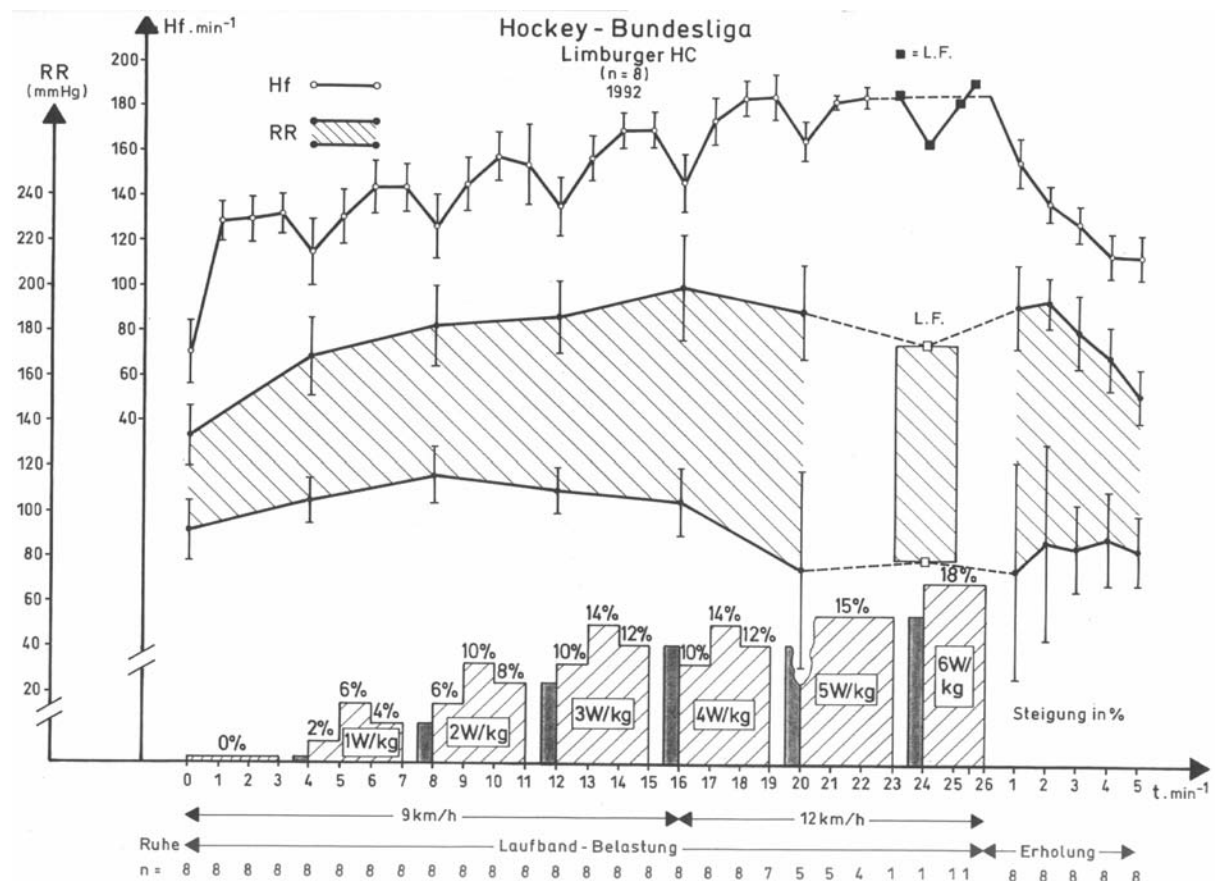


**Abb. 78:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Bundesliga-Hockeyspielern 1991 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode) sowie des Blutdrucks ( $RR \text{ mm HG}$ ) in Ruhe und in der Erholungsphase.*



Dem gegenübergestellt ist in der folgenden Abbildung der durchschnittliche **Kurvenverlauf** der **Herzschlagfrequenz** der 1992 nach dem **sportartspezifischen Belastungsverfahren** untersuchten **Bundesliga-Hockeyspieler** in Ruhe, während der Belastung (einschließlich der Beanspruchungspausen) und in der Erholungsphase. Auch diese Abbildung beinhaltet den mittleren **Kurvenverlauf** des **Blutdrucks** vor und nach der **Laufbandbeanspruchung** sowie in den „Zwischenminuten“ als Vergleichsparameter.



**Abb. 79:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Bundesliga-Hockeyspielern 1992 vor, während und nach erschöpfender sportartspezifischer Laufbandspirometrie sowie des Blutdrucks (RR mm HG) in Ruhe, während der Belastungsunterbrechungen und in der Erholungsphase.*

Abbildung 80 zeigt den durchschnittlichen **Kurvenverlauf** der **Herzschlagfrequenz** der **Knaben A** in Ruhe, während der Belastung und in der Erholungsphase sowie den mittleren **Kurvenverlauf** des **Blutdrucks** vor, während und nach der **Fahrradbeanspruchung** 1992.

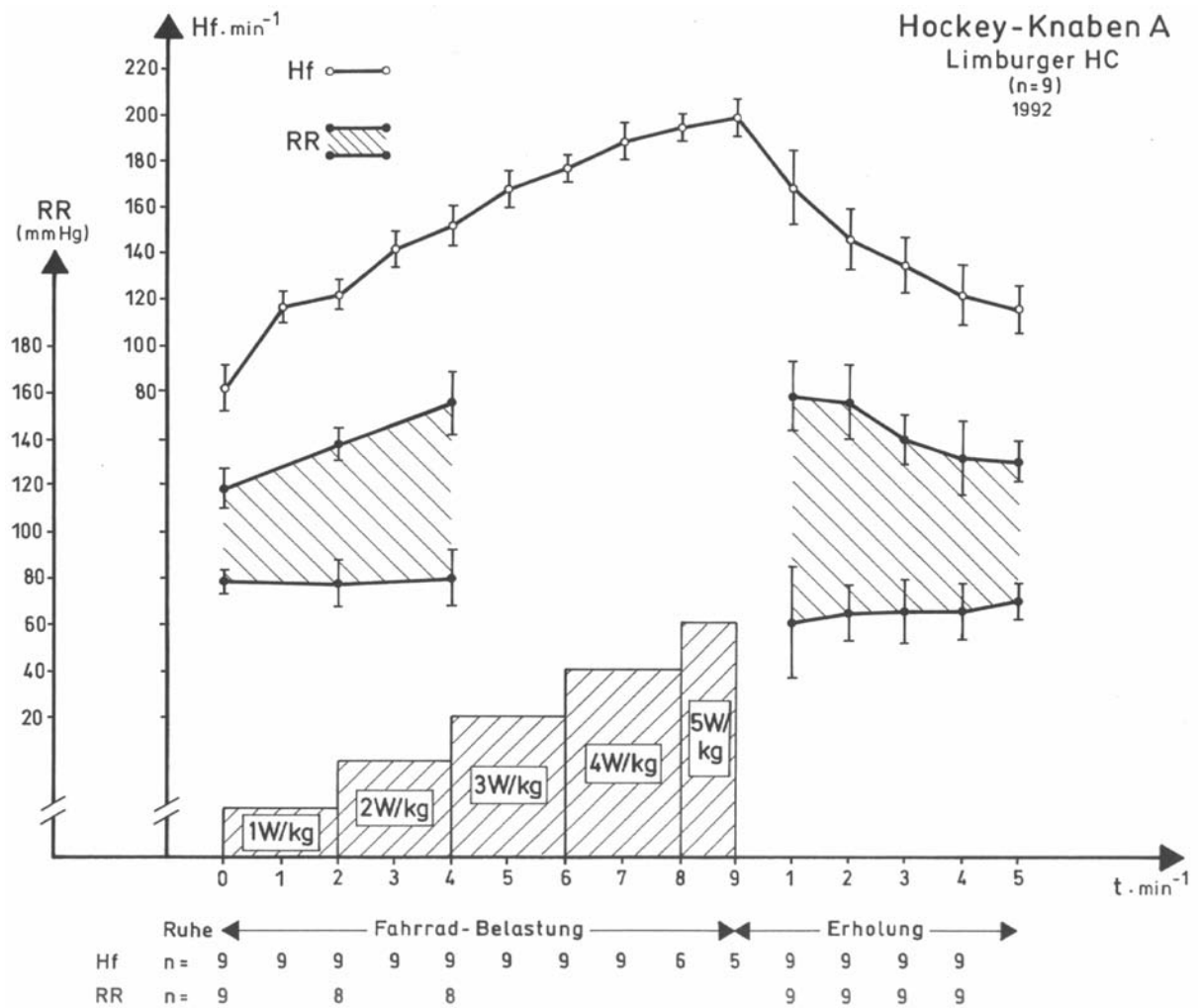


Abb. 80:

Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) und des Blutdrucks ( $RR \text{ mm Hg}$ ) von Hockeyspielern (Knaben A) 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode).

Vergleichend dazu ist in der nächsten Abbildung der durchschnittliche **Kurvenverlauf** der Herzschlagfrequenz und des Blutdrucks der **B-Jugend Hockeyspieler** dargestellt.

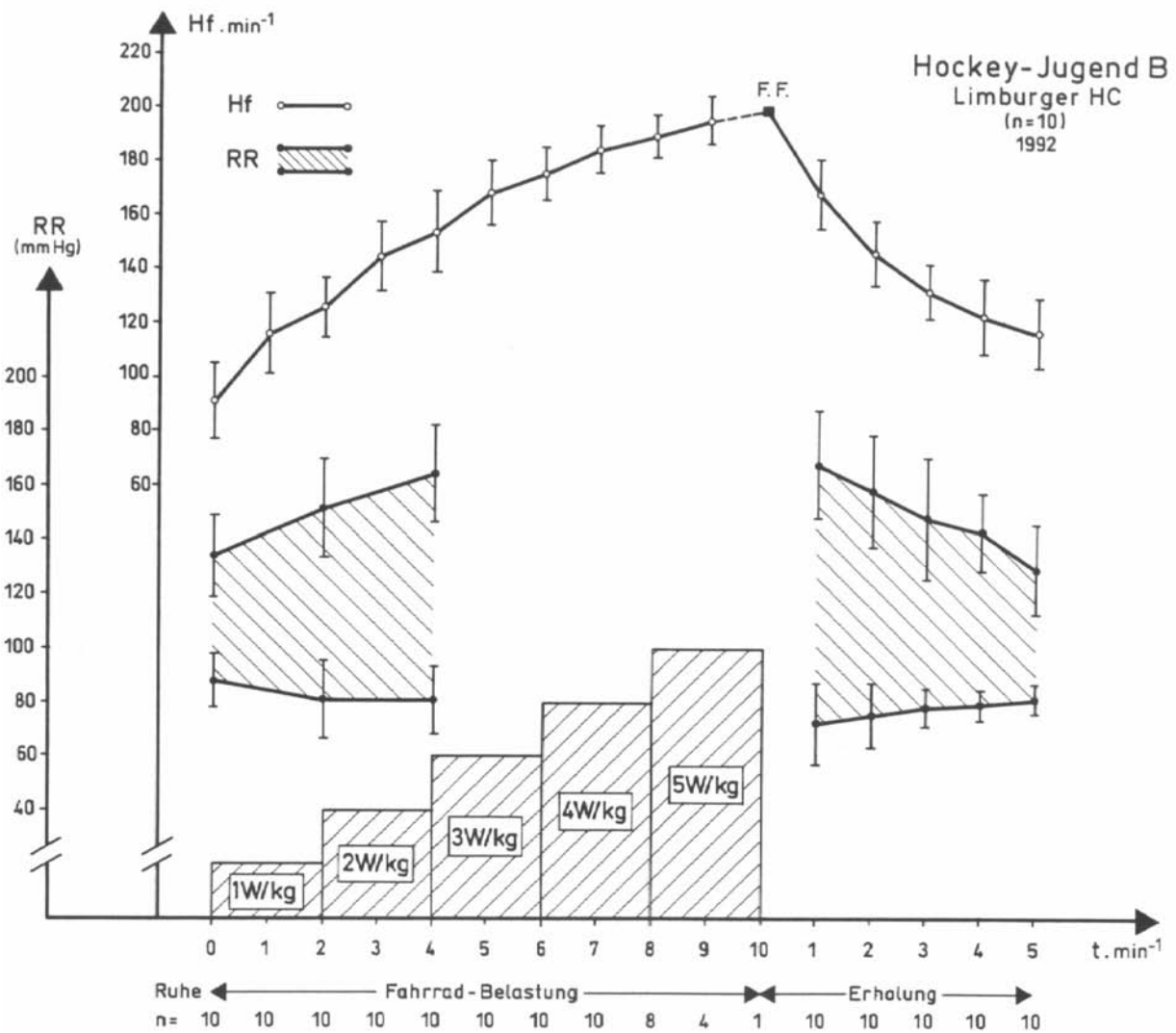


Abb. 81:

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der Herzschlagfrequenz ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) von B-Jugend Hockeyspielern 1992 vor, während und nach erschöpfender sportartspezifischer Fahrradspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode) sowie des Blutdrucks (RR mm HG) in Ruhe, während und nach der Belastung.*

## 7.2.1 Herzschlagfrequenz

Die Herzschlagfrequenz ist einer der wichtigsten Indikatoren der körperlich-kardiozirkulatorischen Leistungsfähigkeit. Neben anderen Größen wie dem Atemäquivalent und dem Respiratorischen Quotient zeigt die maximale Herzfrequenz unter anderem an, ob eine maximale Ausbelastung stattgefunden hat (NÖCKER 1980, NOWACKI u. Mitarb. 1980b, HOLLMANN, HETTINGER 2000).

Durch das Verhalten der Herzfrequenz in Ruhe, unter submaximaler Belastung, in der Ausbelastungs- und Erholungsphase lassen sich Beziehungen zur Belastungsintensität, zur

Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems und zur Ausdauerleistungsfähigkeit aufzeigen (ISRAEL 1968).

Es ist schon seit langem bekannt, dass sich Training, in Verbindung mit einer Ausdauerleistungskomponente, auf die Herzfrequenz auswirkt. Training bewirkt eine Vergrößerung des Herzens (*regulative Dilatation*). Dadurch wird die Voraussetzung für die große Leistungsbreite unter Belastung geschaffen.

Sowohl in Ruhe als auch bei körperlicher Belastung sind Unterschiede zwischen trainierten und untrainierten Personen zu beobachten. Ein Symptom, an dem sich ein trainierter Kreislauf erkennen lässt, ist die Erniedrigung der Ruhefrequenz. Besonders ausdauertrainierte Sportler weisen eine deutlich geringere Herzschlagfrequenz in Ruhe auf als Untrainierte. Diese niedrigere Pulsfrequenz ist, wie auch die meisten anderen Anpassungserscheinungen an Herz und Kreislauf, durch die trophotrope Umstellung (*Vagusüberwiegen*) des gesamten vegetativen Nervensystems bedingt. Die **Bradykardie** (*verlangsamte Herztätigkeit*) des Trainierten geht mit einer verbesserten Sauerstoffversorgung des Herzens einher. In der verlangsamten Herztätigkeit kommt eine hohe Ökonomisierung zum Ausdruck. Auch ist sie ein Hinweis auf die kardialen Reservekräfte des Herzens (NOWACKI 1977, NÖCKER 1980).

Ausgehend von einer mittleren Ruhepulsfrequenz von 70 bis 80/min für die Gesamtbevölkerung – ISRAEL (1977) nennt eine durchschnittliche Ruheherzfrequenz von 68 bis 72 Schlägen in der Minute für gesunde männliche Normalpersonen – liegt die Zahl der Herzschläge von Trainierten, die allerdings eine regelmäßige Ausdauerleistungskomponente in ihrem Sportprogramm haben müssen, 20 bis 40 Schläge pro Minute darunter. Bedingt durch die Trainingsbradykardie weisen trainierte Sportler eine weit niedrigere Ruheherzschlagfrequenz auf als Normalpersonen. Es gibt zahlreiche Ausdauersportarten, in denen die Ruhefrequenz noch unter 40 Schlägen pro Minute liegt. Die **Bradykardie** zeigt eine hohe Ökonomisierung des Herz-Kreislaufsystems und ist ein Hinweis auf die kardialen Reservekräfte des Herzens (NOWACKI 1975c, 1977, ISRAEL 1977, MELLEROWICZ 1979).

Voraussetzung dieser tiefen Frequenzen ist laut ISRAEL (1977) eine gute Windkesselfunktion der Aorta. Die Bradykardie ist um so ausgeprägter, je besser die Fähigkeit zu Ausdauerleistungen ist. In den Ausdauersportarten haben die besten Sportler die tiefsten Herzfrequenzen (ISRAEL 1977).

Während sich bei körperlichen Belastungen die Herzschlagfrequenz des Untrainierten nach einer gewissen Zeit erhöht, vergrößert sich beim Trainierten zunächst das Schlagvolumen und erst dann die Frequenz. Dies hängt damit zusammen, dass das Leistungsherz erweitert ist und daher ein größeres Schlagvolumen entwickeln kann. Aus diesem Grund ist es in der Lage, ein höheres Minutenvolumen vor allem durch die Vergrößerung des Schlagvolumens und nur in geringem Umfang durch die Steigerung der Herzfrequenz zu erzielen. Bei gleicher Leistung liegt die Pulsfrequenz des Trainierten mehr als 10 bis 30 Schläge unter der des Untrainierten (NÖCKER 1980).

Ein wichtiger Faktor bei der Bestimmung des Trainingszustandes eines Sportlers ist die Erholungszeit der Herzschlagfrequenz nach einer maximalen Ausbelastung. Trainierte erholen sich nach submaximalen bis maximalen Ausbelastungen schneller als Untrainierte, d. h. die Herzfrequenz nähert sich rascher dem Ausgangswert an.

Außergewöhnlich niedrige Ruhepulsfrequenzen, wie sie bei B. E., dem Weltmeister im Straßenradrennfahren (ISRAEL 1977), dem Skilangläufer W. D. (NOWACKI 1977) und bei einem Langstrecken-Weltrekordläufer (REINDELL u. Mitarb. 1960c) mit jeweils 32 Schlägen pro Minute ermittelt wurden – ÅSTRAND und RODAHL (1978) nennen für einen Skilangläufer sogar eine Ruheherzfrequenz von 28 Schlägen/min – können von den Hockeyspielern nicht erwartet werden, da solche Extremwerte nur durch jahrelanges intensives Ausdauertraining realisierbar sind.

Mit einer durchschnittlichen Ruheherzschlagfrequenz von  $76 \pm 10$  Schlägen pro Minute liegen die 1991 untersuchten Hockeyspieler über dem von ISRAEL (1977) angegebenen Normbereich für Normalpersonen. Allerdings muss einschränkend darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den Hockeyspielern um „Vorstartherzfrequenzen“ vor einer erschöpfenden Spiroergometrie handelt. Unter morgendlichen Ruhebedingungen liegt die Herzfrequenz nach Auskunft der Athleten im Bereich von 50-60 Schlägen/min.

Die hohe Standardabweichung ist Ausdruck der großen Streuung der Einzelwerte, die zwischen 63 (M. K.) und 94 (L. F.) Schlägen pro Minute differieren. Das Herzschlagfrequenzverhalten kann durch psychische Erregungszustände beeinflusst werden, d. h. aufgrund von Aufregung kann es zu einer Erhöhung der Pulsfrequenz kommen. Wie schon in *Kapitel 5.5* dargelegt konnten mehrere Probanden – obwohl viele von ihnen schon zuvor an sportmedizinischen Untersuchungen teilgenommen hatten und über den Untersuchungsverlauf informiert waren – ihre Nervosität nicht ablegen, und so ist die erhöhte Ruheherzfrequenz einiger Untersuchungsteilnehmer auf die „Vorstartspannung“ zurückzuführen.

Besonders auffällig ist es, dass gerade der Spieler, der die Belastung als erster abbricht (M. K.), die niedrigste Ruheherzfrequenz aufweist, während L. F., der als einziger die zehnte Belastungsminute durchläuft, den höchsten Ausgangswert hat. Bei Letzterem waren bereits einige Zeit vor dem Untersuchungsbeginn deutliche Anzeichen von Nervosität zu beobachten. Dies könnte darin begründet liegen, dass dieser junge Nachwuchs-Hockeyspieler, der auch der Junioren-Nationalmannschaft angehört, ständig zum Ausdruck brachte, dass er einen Stammplatz in der 1. Mannschaft des LHC erwerben möchte und für später sich die Mitgliedschaft in der A-Nationalmannschaft als Ziel gesetzt hat. Von daher war L. F. sehr motiviert und ehrgeizig.

Der deutliche Anstieg des Mittelwerts von  $76 \pm 10$  Schlägen/min in Ruhe auf  $142 \pm 8$  Schläge/min in der ersten Belastungsminute ist Ausdruck der Anpassung an die körperliche Leistung und sowohl auf den Einsatz großer Muskelgruppen als auch auf eine vermehrte sympathische Innervation zurückzuführen (MELLEROWICZ 1979). Anschließend ist ein

kontinuierlicher Anstieg der Herzschlagfrequenz zu beobachten, der sich in Abhängigkeit zur Belastungserhöhung befindet.

Mit  $71 \pm 14$  Schlägen pro Minute liegt die durchschnittliche Ruheherzschlagfrequenz der Bundesliga-Hockeyspieler 1992 in dem von ISRAEL (1977) angegebenen Normbereich für Normalpersonen. Die im Vergleich zur Vorjahresuntersuchung noch größere Standardabweichung ist wiederum Ausdruck der großen Streuung der Einzelwerte, die bei dieser Folgeuntersuchung zwischen 51 (G. M.) und 88 (A. J.) Schlägen pro Minute liegen. Obwohl auch diesmal einige Probanden ihre Nervosität nicht ablegen konnten, was vermutlich deren erhöhte Ruheherzfrequenz zur Folge hatte, liegt sie im Durchschnitt deutlich (fünf Schläge pro Minute) unter der mittleren Ruheherzfrequenz der Vorjahresuntersuchung. Ein Grund hierfür dürfte auch darin liegen, dass die Probanden nun schon mit den Untersuchungsbedingungen, dem -team sowie dem -verfahren weitgehend vertraut waren.

L. F., der 1991 mit 94 Schlägen pro Minute die höchste Ruheherzfrequenz hatte, liegt 1992 mit 76 Schlägen pro Minute deutlich unter dem Vorjahreswert. Nachdem er bereits 1991 als einziger Proband die zehnte Belastungsminute durchlaufen hatte, ist er auch diesmal mit Abstand die am längsten belastbare Testperson und erreicht als erster und einziger die neu geschaffene sechste Belastungsstufe. Aus diesem Grund sollen die Untersuchungswerte von L. F. im Rahmen dieser Ergebnisdiskussion – wie auch schon in der Ergebnispräsentation (*Kapitel 6*) – weiterhin gesondert betrachtet werden.

Auch 1992 ist der deutliche Anstieg des Mittelwerts von  $71 \pm 14$  Schlägen/min in Ruhe auf  $128 \pm 11$  Schläge/min in der ersten Belastungsminute wieder Ausdruck der Anpassung an die körperliche Leistung (MELLEROWICZ 1979).<sup>63</sup> Die im Vergleich zum Vorjahr durchschnittlich um 14 Schläge niedrigere Hf deutet aber auch schon auf eine Kreislaufökonomisierung nach einem weiteren Trainingsjahr hin. Im weiteren Verlauf ist in Abhängigkeit zur Belastungserhöhung insgesamt ein Anstieg der Herzschlagfrequenz zu beobachten, der aber immer wieder durch die Belastungspausen, in denen die durchschnittliche Herzfrequenz der Probanden jeweils absinkt, unterbrochen wird.

Die Knaben A ( $82 \pm 10$  Schläge/min) und die Spieler der männlichen B-Jugend ( $91 \pm 14$  Schläge/min) haben eine deutlich höhere durchschnittliche Ruheherzschlagfrequenz als die erwachsenen Probanden und liegen klar über dem von ISRAEL (1977) angegebenen Normbereich für Normalpersonen. Gerade die jugendlichen Untersuchungsteilnehmer konnten ihre Nervosität nicht ablegen, was sich in der erhöhten Ruheherzfrequenz einiger Testpersonen bemerkbar machte, die auch hier teilweise auf die „Vorstartspannung“ zurückzuführen sein dürfte. Hinzu kommt, dass Kinder und Jugendliche ohnehin eine höhere Herzfrequenz haben als Erwachsene.

Auch bei den Knaben und B-Jugendlichen steigt die Herzschlagfrequenz nach einsetzender Belastung rasch auf  $117 \pm 7$  Schläge/min (Knaben A) bzw.  $116 \pm 15$  Schläge/min

---

<sup>63</sup> Gleiches gilt ebenfalls für die Knaben A und die B-Jugendlichen (siehe unten).

(B-Jugend) in der ersten Belastungsminute an, um dann bis zum Erschöpfungspunkt kontinuierlich zu steigen.

Die **submaximale Herzfrequenz** ist nach NOWACKI (1974, 1976) und ISRAEL (1977) eine sehr gute diagnostische Größe zur vergleichenden Untersuchung verschiedener Sportarten und -gruppen unter gleichen Belastungsbedingungen. Sie erlaubt Rückschlüsse über den Trainingszustand und fortlaufenden Leistungsstand einzelner Sportler. Die submaximale Herzfrequenz gibt Auskunft darüber, wie der Organismus eine momentane Belastung verarbeitet. Auch ist sie ein Ausdruck der Adaptation, d. h. bei gleicher Belastung weisen Untrainierte bzw. schlechter Trainierte höhere submaximale Werte auf als Probanden, die sich in einem besseren Trainingszustand befinden.

ISRAEL u. Mitarb. (1974) geben 120 bis 170 Schläge pro Minute als Frequenzbereich für die submaximale Herzfrequenz an. Bei der Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG Methode haben die Limburger Hockeyspieler 1991 im submaximalen Belastungsbereich in der vierten Belastungsminute bzw. in der zweiten Minute 2 Watt/kg KG (6 % Steigung) eine durchschnittliche Herzschlagfrequenz von  $167 \pm 4$  Schlägen/min, d. h. sie liegen gerade noch in dem von ISRAEL u. Mitarb. (1974) genannten Frequenzbereich. Mit 172 Schlägen/min (A. J. und P. S.) bzw. 173 Schlägen/min (C. G.) liegen drei Probanden außerhalb des genannten Frequenzbereichs.

Jedoch sollte nach ISRAEL u. Mitarb. (1974) die **testabhängige Beziehung** zwischen **Anstrengungsempfindung** und **Belastungsherzfrequenz**, die bei vergleichbarer Anstrengungsempfindung ansteigt, berücksichtigt werden.

Es kommt zu einem solchen Anstieg,

- wenn sehr große Muskelpartien in den Bewegungsablauf einbezogen sind,
- wenn sich orthostatische Einflüsse auswirken,
- wenn die Bewegungen frequent sind.

Es erscheint daher sinnvoller, bei der Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG Methode vergleichende Betrachtungen der submaximalen Herzschlagfrequenz in der zweiten Belastungsminute mit 1 Watt/kg KG vorzunehmen. In dieser Belastungsphase ist für die Hockeyspieler des LHC eine mittlere Herzschlagfrequenz von  $150 \pm 4$  Schlägen/min registriert.

Analog zur Fahrradspiroergometrie, bei der sich der submaximale Belastungsbereich am Ende der zweiten Belastungsstufe (2 Watt/kg Körpergewicht am Schluss der vierten Belastungsminute) befindet, liegt die Zone der submaximalen Belastung beim sportartspezifischen Laufbandtest auch hier am Ende der zweiten Belastungsstufe, also in der elften Belastungsminute.

Mit  $155 \pm 18$  Schlägen pro Minute liegen die nach dem sportartspezifischen Laufbandtest untersuchten Bundesliga-Hockeyspieler 1992 gut in dem von ISRAEL u. Mitarb. (1974) angegebenen Frequenzbereich von 120 bis 170 Schlägen/min für die submaximale

Herzfrequenz. A. J. hat mit 177 Schlägen/min den höchsten Individualwert und W. B. mit 122 Schlägen/min den niedrigsten Wert. Außer A. J. liegt auch noch C. G. mit 175 Schlägen/min außerhalb des von ISRAEL u. Mitarb. (1974) genannten Frequenzbereichs. L. F. hat im submaximalen Belastungsbereich eine Herzschlagfrequenz von 149 Schlägen/min. Bei der Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG Methode haben die Limburger Nachwuchs-Hockeyspieler 1992 im submaximalen Belastungsbereich in der vierten Belastungsminute bzw. in der zweiten Minute 2 Watt/kg KG eine durchschnittliche Herzschlagfrequenz von  $152 \pm 9$  Schlägen/min (Knaben A) bzw.  $153 \pm 15$  Schlägen/min (B-Jugend) und liegen damit beide in dem von ISRAEL u. Mitarb. (1974) genannten Frequenzbereich. Während bei den A-Knaben kein Proband außerhalb des genannten Frequenzbereichs liegt, befindet sich von den B-Jugendlichen lediglich T. K. mit 176 Schlägen/min außerhalb dieses Bereiches.

Eine Leistung von 2 Watt/kg KG auf dem Fahrradergometer entspricht einem Dauerlauf-tempo von ca. 7-9 km/h, so dass sich diese submaximale Herzfrequenz auch für die Trainingspraxis bewährt hat (SCHMIDT 2007).

Wie bereits zuvor erwähnt, zählt das Verhalten der Herzschlagfrequenz zu den wichtigsten Funktionsparametern für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Bei gleicher Leistung ist die Herzschlagfrequenz des Trainierten unter Belastung deutlich niedriger als die des Untrainierten (NOWACKI 1977). Die **maximale Herzfrequenz** kann als ein wichtiges Kriterium einer Ausbelastung unter „*vita-maxima*“-Bedingungen angesehen werden. NOWACKI (1974) nennt 192 Schläge/min für untrainierte Männer im Alter zwischen 20 und 40 Jahren und 177 Schläge/min für trainierte männliche Untersuchungspersonen als Durchschnittswerte einer maximalen Herzschlagfrequenz.

Pulsfrequenzen von 170 bis 200 Schlägen pro Minute bei Probanden im Alter zwischen 20 und 30 Jahren lassen laut MELLEROWICZ (1979) auf eine maximale Anstrengung schließen. Auch nach ISRAEL u. Mitarb. (1974) ist eine Herzschlagfrequenz über 170 Schläge/min Kennzeichen einer intensiven Belastung. Bleibt die Pulsfrequenz unter 170 Schlägen pro Minute, so lässt dies auf eine nicht maximale Anstrengung schließen.

Mit einer durchschnittlichen **maximalen Herzschlagfrequenz** von  **$187 \pm 7$  Schlägen pro Minute** sind die im Schnitt  $21,9 \pm 2,6$ jährigen Hockeyspieler des LHC 1991 intensiv belastet und liegen im Bereich der in der Literatur angeführten Ausbelastungswerte.

M. K., der nach sechs Belastungsminuten als erster die Laufarbeit beendet, bleibt mit einer maximalen Pulsfrequenz von 175 Schlägen/min als einziger Proband unter 180 Schlägen/min. Vier Teilnehmer liegen im Bereich zwischen 180 und 185 Schlägen/min, zwei zwischen 186 und 190 Schlägen/min, zwei haben 192 Schläge/min als maximale Hf, und einer (A. J.) erreicht einen Höchstwert von 199 Schlägen/min. Bei diesem Probanden war zum Untersuchungszeitpunkt gerade ein gastroenteraler Infekt abgelaufen, der sich möglicherweise auf die Leistungsfähigkeit und somit auch auf die Herzfrequenz ausgewirkt hat.



Dieser Vermutung widerspricht aber das Ergebnis der Untersuchung von 1992, denn auch hier hat A. J. mit 201 Schlägen/min den höchsten Maximalwert aller Probanden.

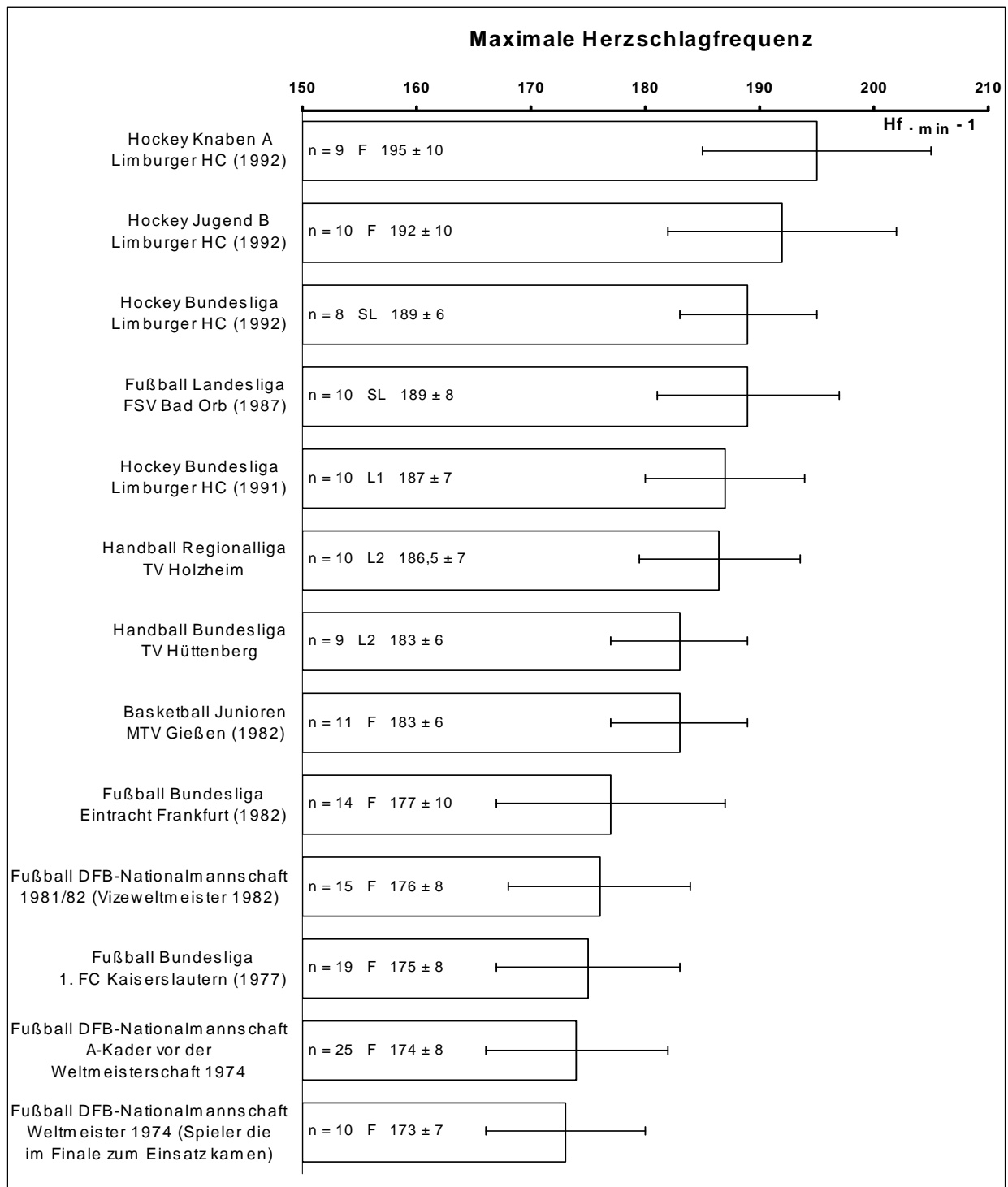
1992 erreichen die Bundesligaakteure während der **sportartspezifischen Laufbanduntersuchung** eine mittlere **maximale Pulsfrequenz** von  **$189 \pm 6$  Schlägen/min** und liegen damit sehr dicht an dem Wert der Laufbanduntersuchung von 1991 nach der 1 Watt/kg KG Methode bzw. knapp darüber. Alle Probanden erreichen bzw. überschreiten 180 Schläge/min (G. M. hat mit einer Pulsfrequenz von 180 Schlägen/min den niedrigsten Maximalwert). Fünf Teilnehmer liegen im Bereich zwischen 180 und 185 Schlägen/min, L. F. kommt auf 191 Schläge/min, zwei Probanden haben 192 Schläge/min als maximale Hf, und für A. J. sind – wie schon oben erwähnt – 201 Schläge/min registriert.

Die etwas höhere mittlere maximale Herzfrequenz 1992 im Vergleich zur Vorjahresuntersuchung könnte mit dem Belastungsverfahren bzw. der längeren Beanspruchungszeit beim sportartspezifischen Laufbandtest zusammenhängen.

Mit  $195 \pm 10$  Schlägen/min haben die Knaben A 1992 eine geringfügig höhere maximale Herzschlagfrequenz als die B-Jugend-Spieler ( $192 \pm 10$  Schläge/min). Während bei den Knaben A die Werte zwischen 174 (S. K.) und 210 (R. G.) Schlägen/min schwanken, liegen die Pulsfrequenzen der B-Jugendlichen zwischen 178 (N. P.) und 207 (A. L.) Schlägen/min. Außer den bereits genannten Probanden erreicht noch M. P. (200 Schläge/min) bei den A-Knaben die „200 Schläge/min Grenze“. Weiterhin wird sie ebenfalls von J. G. mit 203 Schlägen/min überschritten, während S. K. als einziger Untersuchungsteilnehmer mit 174 Schlägen/min unter 180 Schlägen/min bleibt. Mit 178 Schlägen/min liegt N. P. bei den B-Jugendlichen allein unter 180 Schlägen/min, während F. W. gerade 180 Schläge/min erreicht. T. K. (200 Schläge/min) und A. L. (207 Schläge/min) sind die einzigen Jugendspieler für die 200 Schläge/min bzw. mehr gemessen wurden.

Bei dem **Vergleich** verschiedener **Ballsportarten** lassen sich weniger Unterschiede zwischen den einzelnen Sportarten als vielmehr Differenzen zwischen der Laufband- und Fahrradspiroergometrie feststellen (*Abbildung 82*). So fällt auf, dass die auf dem Laufband belasteten Sportler im Schnitt höhere Maximalwerte erreicht haben als die fahrradspiroergometrisch untersuchten Vergleichsgruppen. Dies ist in Übereinstimmung mit HOLLMANN und HETTINGER (2000) auf die größere tätige Muskelmasse während der Laufbandbelastung zurückzuführen. Aufgrund der geringeren beteiligten Arbeitsmuskulatur liegt die maximale Herzschlagfrequenz bei spiroergometrischen Untersuchungen auf dem Fahrradergometer um 5 bis 10 Prozent unter den Laufband-Maximalwerten (HERMANSEN et al. 1969, 1970).

Dennoch weisen die 1992 auf dem Fahrrad untersuchten Knaben A ( $195 \pm 10$  Schläge/min) und die Spieler der männlichen B-Jugend des LHC ( $192 \pm 10$  Schläge/min) die höchsten Maximalwerte der Herzschlagfrequenzen auf. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass das jugendliche Herz eine höhere Frequenz aufweist als der Herzschlag eines Erwachsenen.



- F = Fahrradergometrie 1 Watt/kg KG-Methode
- L 1 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 12 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 3 %)
- L 2 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 9 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 4 %)
- S L = Sportartspezifische Laufbandergometrie

**Abb. 82:**

**Vergleich der durchschnittlichen maximalen Herzschlagfrequenz ( $Hf_{max}$ , \*  $\text{min}^{-1}$ ) verschiedener Ballspielsportarten nach erschöpfender Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie.**

Im Erwachsenenbereich haben die 1992 nach dem sportartspezifischen Laufbandtest untersuchten Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC mit  $189 \pm 6$  Schlägen/min gemeinsam mit den nach dem gleichen Verfahren untersuchten Landesliga-Fußballern des FSV Bad Orb ( $189 \pm 8$  Schläge/min) die höchsten maximalen Herzfrequenzen. Etwas dahinter liegen die 1991 nach dem 1 Watt/kg KG Verfahren getesteten Bundesliga-Akteure des LHC mit  $187 \pm 7$  Schlägen/min, gefolgt von den auf dem Laufband untersuchten Handball-Mannschaften TV Holzheim ( $186,5 \pm 7$  Schläge/min) und TV Hüttenberg ( $183 \pm 6$  Schläge/min). Den gleichen Maximalwert wie die Hüttenberger Handballer erzielen die Basketball Junioren des MTV Gießen, die damit an der Spitze der auf dem Fahrradspiroergometer getesteten Vergleichsgruppen liegen. Lediglich  $173 \pm 7$  Schläge/min beträgt die durchschnittliche maximale Herzschlagfrequenz der zehn Nationalspieler, die 1974 der Weltmeister-Mannschaft angehörten und im Finale zum Einsatz kamen. Damit rangieren sie an letzter Stelle der Vergleichsgruppen.

Ein wichtiger Faktor bei der Bestimmung des Trainingszustandes eines Sportlers ist die **Erholungszeit** der **Herzschlagfrequenz** nach einer maximalen Ausbelastung. So gilt als Unterscheidungsmerkmal zwischen einem trainierten und einem untrainierten Herzen, dass sich der leistungsstärkere Kreislauf nach submaximalen bis maximalen Ausbelastungen schneller erholt, d. h. die Pulsfrequenz nähert sich rascher dem Ruheausgangswert an. Eine Erholungszeit von fünf Minuten im Anschluss an die maximale Ausbelastung kann als Beurteilungskriterium für die Erholungsfähigkeit des kardiozirkulatorischen Systems herangezogen werden (NOWACKI 1977). *Tabelle 23* enthält Kriterien zur Beurteilung der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit nach erschöpfender Ausbelastung.

**Tab. 23:**

*Beurteilungskriterien der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit 5 Minuten nach maximaler Ausbelastung von Sportlern (NOWACKI 1975a, 1977, 2005, 2007).*

	<i>Hf * min<sup>-1</sup></i>	
<b>Hf nach 5' Erholungszeit über</b>	<b>130</b>	<b>= schlecht, Verdacht auf pathologische Veränderungen</b>
<b>Hf nach 5' Erholungszeit zwischen</b>	<b>121 – 130</b>	<b>= ausreichend</b>
<b>Hf nach 5' Erholungszeit zwischen</b>	<b>111 – 120</b>	<b>= befriedigend</b>
<b>Hf nach 5' Erholungszeit zwischen</b>	<b>106 – 110</b>	<b>= gut</b>
<b>Hf nach 5' Erholungszeit zwischen</b>	<b>100 – 105</b>	<b>= sehr gut</b>
<b>Hf nach 5' Erholungszeit unter</b>	<b>100</b>	<b>= Hochleistungstrainingszustand</b>

1991 fällt die durchschnittliche Herzschlagfrequenz der Limburger Hockeyspieler in der ersten Erholungsminute zunächst steil auf  $161 \pm 11$  Schläge/min ab und sinkt dann weiter bis auf  $105 \pm 9$  Schläge/min nach fünfminütiger Erholung. Damit befinden sich die Probanden

laut der angeführten Richtlinien an der Grenze zwischen dem gut und sehr gut trainierten Bereich. Eine rasche Erholungsfähigkeit ist für das Hockeyspiel, in dem sich kurze, sehr intensive Arbeitsphasen in unregelmäßigen Abständen mit Phasen von mittlerer Belastung und relativer Ruhe abwechseln, eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg.

Nach Beendigung des **sportartspezifischen Laufbandtests** 1992 sinkt die mittlere Pulsfrequenz der Bundesliga-Hockeyspieler noch steiler als im Vorjahr zunächst auf  $156 \pm 11$  Schläge/min (1. Erholungsminute) ab, bleibt aber mit  $114 \pm 10$  Schlägen nach fünfminütiger Erholung über dem Wert von 1991. Damit sind die Hockeyspieler 1992 gerade noch im guten Bereich der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit einzuordnen. Eine Ursache hierfür könnte wiederum das Untersuchungsverfahren bzw. die damit verbundene längere Belastungszeit sein, denn auch die durchschnittliche maximale Pulsfrequenz übertraf schon den Wert von 1991.

Ausgehend  $168 \pm 16$  Schlägen/min (Knaben A) bzw.  $168 \pm 13$  Schlägen/min (Jugend B) in der ersten Erholungsminute fällt die Herzfrequenz der jungen Hockeyspieler in den fünf Erholungsminuten auf  $116 \pm 11$  Schläge/min (Knaben A) bzw.  $117 \pm 13$  Schläge/min. Dabei verläuft die Erholung der Herzfrequenz bei beiden Mannschaften sehr ähnlich. Nach der Tabelle ist sie jeweils im befriedigenden Bereich einzuordnen. Doch auch hier muss die höhere Pulsfrequenz des jugendlichen Herzens berücksichtigt werden.

Im Vergleich verschiedener Ballsportarten (*Abbildung 83*) sind die **Limburger Hockeyspieler** 1991 bezüglich ihrer **kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit** im Bereich der Fußball-Nationalmannschaften von 1974 (A-Kader vor der Weltmeisterschaft) und 1981/82 anzusiedeln, während sie 1992 deutlich schlechter abschneiden. Dies kann aber auch – wie schon zuvor erwähnt – mit der wesentlich längeren Gesamtbelastungszeit zusammenhängen. Nur noch der Handball A-Kader von 1974, der mit  $117 \pm 10$  Schlägen/min nur befriedigende Erholungswerte erreicht, und die Volleyballer des USC Gießen ( $125 \pm 17$  Schläge/min) haben schlechtere Erholungswerte. Auffällig ist die schlechte Erholungsfähigkeit der Gießener Volleyballer, deren Wert lediglich im ausreichenden Bereich der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit liegt. Die größte Differenz besteht zu den zehn Fußball-Nationalspielern, die im WM-Finale 1974 zum Einsatz kamen, und mit  $101 \pm 12$  Schlägen/min die besten Erholungswerte haben und im sehr guten Bereich einzuordnen sind.

Torwart M. K., der 1991 einen Tag vor der Untersuchung ein umfangreiches Konditionstraining absolvierte, hat als erster die Belastung wegen Muskelererschöpfung mit einer maximalen Pulsfrequenz von 175 Schlägen/min abgebrochen. Mit 85 Schlägen/min erreicht er die niedrigste Herzfrequenz nach fünf Minuten Erholung.

Ein Grund für dieses Ergebnis könnte in der Spielposition des Probanden liegen. Für einen Hockeytorhüter ist ein gutes Stellungsspiel und Reaktionsschnelligkeit von großer Bedeutung, d. h. er hat im Gegensatz zu den anderen Spielern keine weiten Laufstrecken zurückzulegen, sondern muss oft mit kurzen Sprints aus dem Tor kommen, um einen gegnerischen Angriff abzuwehren. Dies kann, vor allem bei dem schnellen Hallenhockey, dann öfter kurz

hintereinander geschehen. Dabei ist auch das Gewicht der schweren Schutzausrüstung des Torhüters nicht zu vernachlässigen. Es ist für den Torhüter wichtig, nach einem abgewehrten Angriff gleich wieder auf die nächste Attacke des Gegners vorbereitet zu sein, um diese wieder konzentriert abzuwehren. Daher bedarf es, nach einem kurzen Sprint, einer raschen Erholungsfähigkeit des Torwarts. Dies könnte ein Erklärungsansatz für die geringe Herzfrequenz des Probanden nach fünfminütiger Erholung sein.

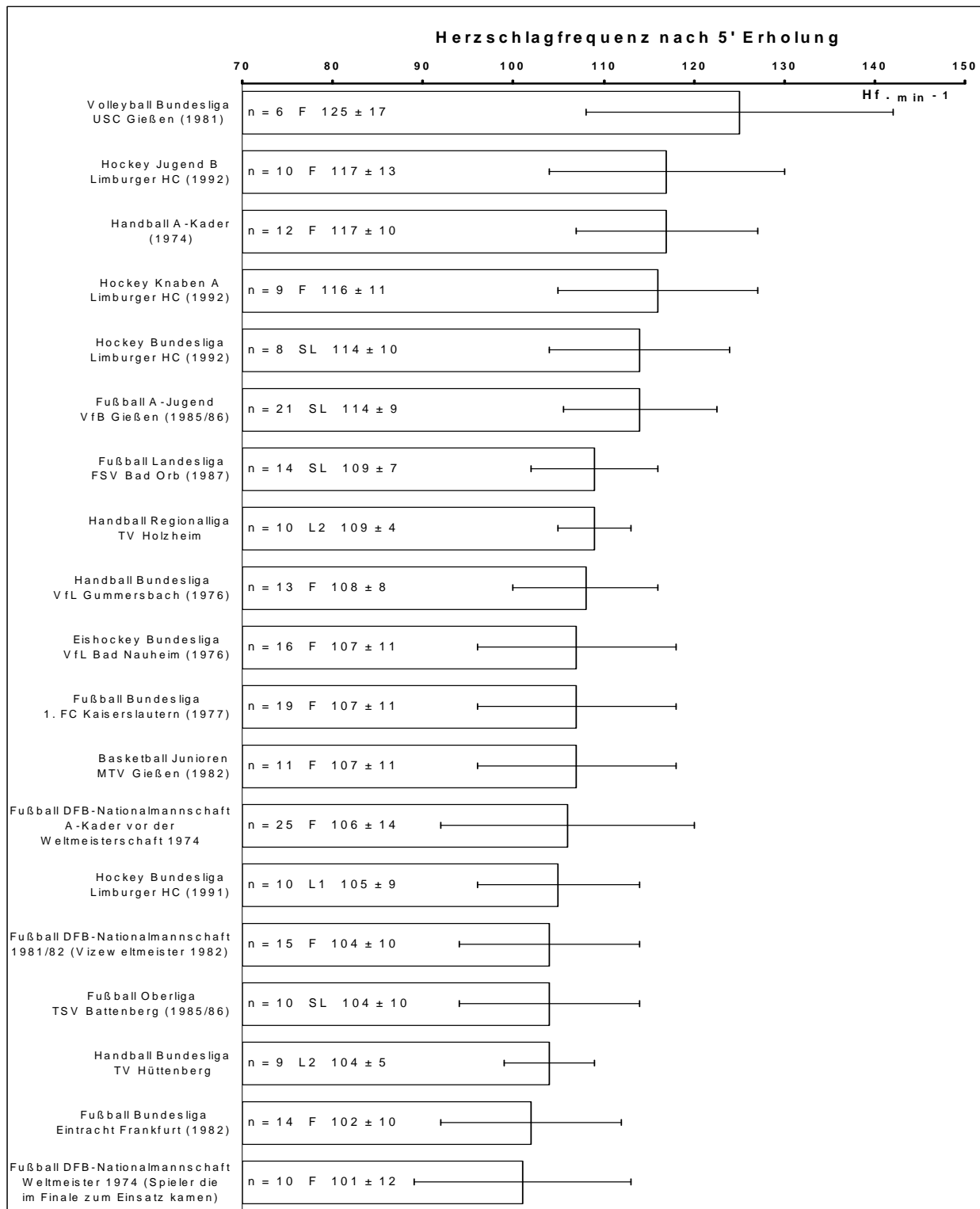
Außer dem Torwart erreicht 1991 noch ein zweiter Sportler eine Herzfrequenz von unter 100 Schlägen/min nach fünf Minuten Erholung. Es ist der Nationalspieler S. S., dessen Herzschlagfrequenz von 192 Schlägen/min am Belastungsende auf 98 Schläge/min in der letzten Erholungsminute absinkt. Damit ist auch seine kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit im Hochleistungsbereich anzusiedeln.

Von den zehn Hockeyspielern befinden sich 1991 die gerade erwähnten Nationalspieler im Hochleistungsbereich, drei sind sehr gut trainiert, einer ist an der Schwelle zwischen sehr gut und gut trainiert, drei liegen im gut trainierten Bereich und einer (U. R.) hat mit 118 Schlägen/min lediglich eine befriedigende kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit.

Bei L. F., dem am längsten aktiven Probanden, sinkt die Zahl der Herzschläge 1991 von 188 Schlägen/min als maximale Herzfrequenz in der letzten Belastungsminute über 157 Schläge/min (1. Erholungsminute) auf 105 Schläge/min nach fünfminütiger Erholung. Damit befindet er sich an der Grenze zwischen dem gut und sehr gut trainierten Bereich. Ausgehend von 183 Schlägen/min als maximale Pulsfrequenz fällt die Zahl der Herzschläge von O. H., der am zweitlängsten arbeitete, über 159 Schläge/min (1. Erholungsminute) auf 114 Schläge/min nach fünf Minuten Erholung. Diese Erholungsfähigkeit des Probanden ist im gut trainierten Bereich anzusiedeln.

Anders als im Vorjahr fällt nach fünfminütiger Erholung im Anschluss an den sportartspezifischen Laufbandtest 1992 die Herzschlagfrequenz bei keinem der Bundesliga-Hockeyspieler unter 100 Schläge/min (Hochleistungstrainingszustand), und auch der sehr gute Bereich (100 bis 105 Schläge/min) bleibt unerreicht. Fünf Probanden befinden sich im gut trainierten Bereich, wobei W. B. und P. K. mit jeweils 106 Schlägen/min die beste kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit aufweisen. Einer kann als befriedigend bewertet werden – O. H. ist im Gegensatz zur Vorjahresuntersuchung mit 121 Schlägen/min lediglich im ausreichenden Bereich – und mit 135 Schlägen/min nach fünf Erholungsminuten ist die kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit von A. J. als schlecht zu bezeichnen. Auch er hatte bei der Vorjahresuntersuchung wesentlich bessere Erholungswerte.

L. F., der 1992 den sportartspezifischen Laufbandtest 25 Minuten und 30 Sekunden absolvierte, beendet die Belastung mit einer maximalen Herzfrequenz von 191 Schlägen/min, die damit noch über dem Vorjahreswert liegt. Diese sinkt in der ersten Erholungsminute auf 165 Schläge/min (157 Schläge/min 1991) ab und fällt anschließend weiter auf 108 Schläge/min nach fünfminütiger Erholung. Damit liegt der Proband leicht über seinem Erholungswert von 1991 (105 Schläge/min) und befindet sich damit im gut trainierten Bereich.



- F = Fahrradergometrie 1 Watt/kg KG-Methode
- L 1 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 12 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 3 %)
- L 2 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 9 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 4 %)
- SL = Sportartspezifische Laufbandergometrie

**Abb. 83:**

**Vergleich der Herzschlagfrequenzwerte ( $Hf \cdot \text{min}^{-1}$ ) verschiedener Ballspielsportarten nach fünfminütiger Erholung im Anschluss an erschöpfende Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie.**

Da das **jugendliche Herz** schneller schlägt als das eines Erwachsenen ist die Tabelle mit den Beurteilungskriterien der kardiozirkulatorischen Erholungszeit nur bedingt aussagekräftig bzw. anwendbar. Nach dieser Tabelle liegt bei den Knaben S. K. mit 90 Schlägen/min im Bereich des Hochleistungstrainingszustandes. Der Proband hatte jedoch mit 174 Schlägen/min am Belastungsende auch den niedrigsten maximalen Belastungswert der jungen Hockeyspieler. Alle anderen Spieler dieses Teams haben weit höhere Werte. So befindet sich D. B. mit 114 Schlägen/min gerade noch im guten Bereich, während S. B. mit 115 Schlägen/min an der Grenze zwischen gut und befriedigend liegt, zwei sind im befriedigenden Abschnitt und vier erreichen nur den ausreichenden Bereich. Von den Spielern der männlichen B-Jugend hat C. D. mit 97 Schlägen/min (Hochleistungstrainingszustand) den niedrigsten Erholungswert. Mit 102 Schlägen/min liegt T. A. im sehr guten Bereich. Zwei Probanden sind mit gut zu bewerten, drei mit befriedigend und einer mit ausreichend. A. L. mit 133 Schlägen/min und vor allem S. S. mit 142 Schlägen/min liegen deutlich im schlechten Bereich der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit.

## 7.2.2 Blutdruck

Der **Blutdruck** wird in erster Linie durch die Größe des **Herzminutenvolumens**, das sich in der Höhe des systolischen Wertes zeigt, und dem Widerstand in der Peripherie (dieser erklärt den diastolischen Druckwert) bestimmt; aber auch die **Elastizität** der großen **Arterien**, die **Viskosität** des Blutes und schließlich das **Gesamtblut-Volumen** sind von Bedeutung (NÖCKER 1980). Die **Differenz** zwischen dem **systolischen** und **diastolischen Wert** wird als **Blutdruckamplitude** bezeichnet. Sie ist nicht überall im Körper gleich, sondern in der Aorta am größten und nimmt mit der Entfernung vom Herzen ab (BADTKE 1986).

Die Blutdruckamplitude muss als Kraftwirkung des Herzens für die Blutströmung angesehen werden. Sie ist neben den Zeiten für die Herzaktion (Systole und Diastole) bestimmend für das Schlagvolumen und in Verbindung mit der Herzfrequenz für das Herzzeitvolumen (NOWACKI 1977).

Der Ruheblutdruck beträgt bei gesunden 20- bis 40jährigen Menschen etwa 120/80 mm Hg. **Sportliches Training** verändert nicht nur die Arbeitsweise des Herzens, sondern führt auch zu **Veränderungen** in der **Regulation** des **peripheren Kreislaufs**. Die Aufrechterhaltung eines bestimmten **Blutdruckniveaus** zählt zu den absolut lebensnotwendigen Reaktionen. Die Größe des Minutenvolumens, der periphere Widerstand und der elastische Widerstand der Gefäße sind für die Höhe des Blutdrucks verantwortlich. Nach NÖCKER (1980) ist die Blutdruckhöhe das Endergebnis dieser drei Komponenten, die sich gegenseitig verschieben können, ohne dass es zu einer Änderung des Drucks kommen muss. So erreichen Trainierte beispielsweise eine Erniedrigung des systolischen und diastolischen Blutdrucks (NÖCKER 1980).

**Ausdauertrainierte Sportler** zeigen eine **geringere Blutdruckamplitude** als Untrainierte, da der systolische Druck klar niedriger ist (ca. 10 bis 20 mm Hg). Dagegen ist ihr diastolischer Ruhewert um etwa 10 mm Hg höher (NOWACKI 1977, BADTKE 1986).

In der Belastungsphase steigt beim Untrainierten sowohl der systolische als auch der diastolische Druck an. Dagegen weisen Trainierte nur einen Anstieg des systolischen Drucks auf, während der diastolische Wert entweder konstant bleibt oder leicht abfällt. Typisch für den **Trainierten** ist also die **größere Blutdruckamplitude** – als Zeichen eines vergrößerten Schlagvolumens – bei vergleichbaren Belastungen. Dabei werden am Ende der Beanspruchung die größten Blutdruckamplituden erreicht (NOWACKI 1977). Die größere Blutdruckamplitude bei Belastung des Trainierten verdeutlicht die größere Druck-Volumen-Arbeit des Herzens als Folge einer Erhöhung des Schlagvolumens und einer verbesserten **Windkesselfunktion** der **Aorta** (BADTKE 1986).

Bei **Trainierten** folgt aber auch eine **schnellere Normalisierung** des **Blutdrucks**. Schon in der ersten Erholungsminute kommt es zu einer Erniedrigung des systolischen, vor allem aber zu einem starken Abfall des diastolischen Blutdruckwertes (NOWACKI 1977).

Der durchschnittliche **Ruheblutdruck** der Limburger **Hockeyspieler** liegt mit **135/85 mm Hg 1991** über dem Durchschnittswert für 20- bis 40jährige Normalpersonen von 120/80 mm Hg. **1992** wird für die Probanden mit **135/90 mm Hg** fast der gleiche mittlere **Ruheblutdruck** registriert wie ein Jahr zuvor. ISRAEL (1977) stellte bei 471 Sportlern zwischen 17 und 35 Jahren einen mittleren systolischen Ruheblutdruck von 120 bis 125 mm Hg und diastolische Ruhewerte von 72 bis 77 mm Hg fest. Der erhöhte Wert der Probanden ist sowohl 1991 als auch 1992 wahrscheinlich ebenso wie die höhere Ruheherzfrequenz auf die „Vorstartnervosität“ einiger Testpersonen zurückzuführen. Auffällig ist, dass – während der systolische Wert 1992 dem des Vorjahres entspricht – der mittlere diastolische Druck noch etwas höher ist als 1991, obwohl die durchschnittliche Ruheherzfrequenz bei der zweiten Untersuchung niedriger als im Vorjahr ist. Die gemessenen Blutdruckwerte liegen jedoch im Rahmen sportmedizinischer Untersuchungen. NOWACKI (1977) ermittelte bei Ruderern ähnliche Werte.

Ein schnelles Annähern an die Ruheausgangswerte in der Erholungsphase wird im sportmedizinischen Schrifttum als günstig angesehen und gilt als Zeichen einer guten Erholungsfähigkeit (NOWACKI 1975c). In der **ersten Minute** der **Erholungsphase** wird **1991** die **größte Blutdruckamplitude** ermittelt. Der mittlere **Blutdruck** beträgt in dieser Minute **180/75 mm Hg**. Im weiteren Verlauf der fünfminütigen Erholungsphase sinkt der durchschnittliche systolische Blutdruck der Limburger Hockeyspieler linear ab. Der mittlere diastolische Blutdruck liegt 1991 in der gesamten Erholungsphase unter dem Ruheausgangswert und verändert sich in den ersten fünf Minuten nach der Belastung nur geringfügig. Nach fünfminütiger Erholung erreicht der Blutdruck einen Durchschnittswert von 150/75 mm Hg. Damit liegt der systolische Blutdruck über dem Ruheausgangswert.



Obwohl der Ruheausgangswert des Blutdrucks in der Erholungsphase nicht erreicht wird, ist jedoch eine relativ schnelle Annäherung in Richtung Vorstartwert zu verzeichnen. Diese Annäherung des Blutdrucks nach Belastungsende an die Ruhewerte verläuft bei Trainierten rascher als bei Untrainierten.

**1992** wird die **größte Blutdruckamplitude** ebenfalls in der **ersten Minute** der **Erholungsphase** registriert. Der mittlere **Blutdruck** in dieser Erholungsminute beträgt **190/75 mm Hg** und liegt damit noch über dem Wert von 1991. In der zweiten Erholungsminute steigen sowohl der systolische als auch der diastolische Druck noch einmal an (195/90 mm Hg). Im weiteren Verlauf fällt der durchschnittliche systolische Blutdruck der Bundesliga-Akteure jedoch linear ab. Der mittlere diastolische Blutdruck befindet sich mit Ausnahme der ersten Erholungsminute während der Erholungsphase im Bereich des Ruheausgangswertes bzw. knapp darunter. Am Ende der fünf Erholungsminuten ist ein durchschnittlicher Blutdruckwert von 155/85 mm Hg erreicht, der damit etwas über dem Mittelwert von 1991 (150/75 mm Hg) liegt. Während der systolische Blutdruck noch deutlich höher als der Ruheausgangswert ist, liegt der diastolische Druck leicht darunter. Obwohl auch 1992 der Ruheausgangswert des Blutdrucks in der Erholungsphase nicht erreicht wird, zeigt sich erneut eine relativ schnelle Annäherung an den Vorstartwert.

Bereits bei der erhöhten Ruheherzfrequenz von 94 Schlägen/min wurde darauf hingewiesen, dass L. F., der 1991 als einziger 15 % Steigung zwei Minuten durchlief, augenscheinlich sehr nervös war. Mit 150/90 mm Hg ist bei ihm auch der höchste Ausgangswert des Blutdrucks festgestellt worden. Mit 110/80 mm Hg und 125/70 mm Hg haben S. S. und G. M. die niedrigsten Ruhe-Blutdruckwerte. O. H. hat einen Ruheblutdruck von 135/95 mm Hg.

1992 ist L. F., der nun mit dem Untersuchungsverfahren in Gießen vertraut ist und das Untersuchungsteam kennt, wesentlich ruhiger und hat einen deutlich niedrigeren Ruheblutdruck (130/75 mm Hg), der unter dem errechneten Durchschnittswert liegt. Von allen Probanden ist für G. M. mit 120/80 mm Hg der niedrigste Ruhe-Blutdruck registriert und O. H. hat mit 160/115 mm Hg den höchsten Ruhewert.

Während der systolische Blutdruck von L. F. 1992 in der ersten Erholungsminute deutlich unter dem Durchschnittswert der Probandengruppe liegt (dies spricht für seinen äußerst guten Trainingszustand), ist sein diastolischer Druck etwas höher als der Mittelwert (180/80 mm Hg). Nach fünfminütiger Erholung (155/75 mm Hg) entspricht sein systolischer Wert dem Durchschnittsergebnis, während sein diastolischer Blutdruck deutlich niedriger ist. Beide Blutdruckwerte liegen jedoch noch über seinem Ruhewert.

Mit einem durchschnittlichen Ruheblutdruck von 120/80 mm Hg entsprechen die Limburger Knaben A zwar dem Durchschnittswert für 20- bis 40jährige Normalpersonen, fallen jedoch nicht in diese Altersgruppe. Kinder und Jugendliche haben einen niedrigeren Blutdruck als Erwachsene. Auch die B-Jugendlichen zählen noch nicht zur Gruppe der 20- bis 40jährigen

Normalpersonen. Mit 135/90 mm Hg entspricht ihr mittlerer Ruheblutdruck dem der 1992 untersuchten Bundesligaakteure. Auch hier ist der erhöhte Wert voraussichtlich auf die „Vorstartnervosität“ einiger Probanden zurückzuführen.

Die A-Knaben erreichen in der ersten Minute der Erholungsphase mit einem durchschnittlichen Druck von 160/60 mm Hg ihre größte Blutdruckamplitude. Der durchschnittliche systolische Blutdruck der Limburger Knaben sinkt im weiteren Verlauf der fünfminütigen Erholung weiter linear ab. Demgegenüber liegt der mittlere diastolische Blutdruck in der zweiten bis vierten Erholungsminute bei 65 mm Hg und steigt schließlich noch auf 70 mm Hg (5. Erholungsminute). So wird zuletzt ein Blutdruck von 130/70 mm Hg erreicht. Während der systolische Blutdruck über dem Ruheausgangswert liegt, ist der diastolische Druck niedriger. Der Ruheausgangswert des Blutdrucks wird zwar auch hier in der Erholungsphase nicht erreicht, jedoch nähert sich der Blutdruck diesem Ausgangswert dicht an und lässt auf einen guten Trainingszustand der Probandengruppe schließen.

Bei den B-Jugendlichen wird mit einem mittleren Blutdruck von 170/70 mm Hg ebenfalls in der ersten Erholungsminute die größte Blutdruckamplitude erreicht. Auch hier fällt der durchschnittliche systolische Blutdruck im weiteren Verlauf der Erholungsphase linear ab, während der diastolische Blutdruck zunächst auf 75 mm Hg (2. Erholungsminute) und anschließend auf 70 mm Hg (3. bis 5. Erholungsminute) klettert. Mit 130/80 mm Hg liegt der durchschnittliche Blutdruck am Ende der Erholungsphase unter dem vermutlich durch Nervosität erhöhten mittleren Ruheausgangswert, was für den guten Trainingszustand der Sportler spricht.

## 7.3 Respiratorische Funktionsdiagnostik

### **Atemminutenvolumen, Atemzugvolumen und Atemfrequenz**

Das *Atemminutenvolumen* ( $AMVl * min^{-1} BTPS$ ) gilt als eine wichtige Funktionsgröße und ist das Produkt aus *Atemzugvolumen* ( $AZVl * min^{-1} BTPS$ ) und *Atemfrequenz* ( $Af * min^{-1}$ ). Von ihm hängt es unter anderem ab, ob dem Körper die notwendigen Sauerstoffmengen zugeführt werden können. Geht man von physiologischen Ruhebedingungen aus, so deckt die Vergrößerung des Atemminutenvolumens bei zunehmender körperlicher Leistung den Sauerstoffbedarf, d. h. während körperlicher Belastung ist es Aufgabe der Atmung, die notwendigen Mengen Sauerstoff heranzuführen, was durch eine gesteigerte Ventilation geschafft wird. Ähnlich wie die Sauerstoffaufnahme nimmt das Atemminutenvolumen daher bei körperlicher Beanspruchung so lange zu, bis wieder eine der

Belastungsstufe adäquate Sauerstoffaufnahme erreicht ist. Atemminutenvolumen und Sauerstoffaufnahme halten sich nach Erreichen des *steady state* wieder auf gleicher Höhe (NÖCKER 1980).

Im Durchschnitt liegt der **Ruhewert** des **Atemminutenvolumens** bei **8 Litern BTPS** pro Minute. Dieser Wert wird mit der durchschnittlichen Atemfrequenz von 16/min und durch das Atemzugvolumen von 500 ml BTPS erreicht. Das maximale AMV untrainierter gesunder Männer im Alter zwischen 20 und 40 Jahren liegt bei  $80 \pm 10$  l BTPS. Eine Verdopplung der Atemfrequenz ist dem Untrainierten kaum möglich. Mit einer Atemfrequenz von 25 bis 30/min wird im Erschöpfungsbereich die Arbeit abgebrochen. Die Werte des Atemzugvolumens befinden sich zwischen 2,5 und 3,0 l, sie können vereinzelt aber auch etwas darüber liegen (NOWACKI 1977, NÖCKER 1980).

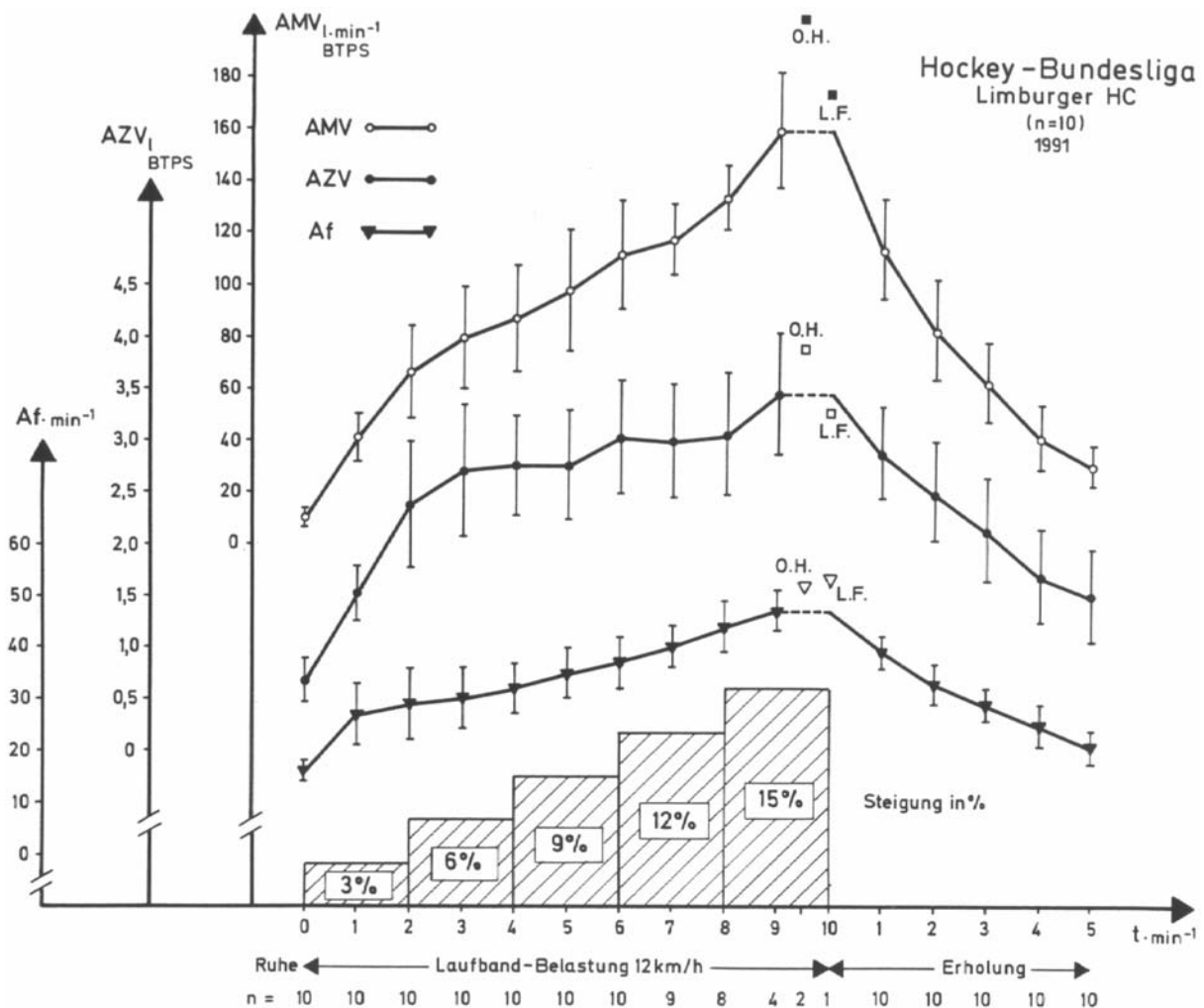
Nach NÖCKER (1980) kann es bei großen körperlichen Anstrengungen durch die Einschaltung von Einatmungs- und Ausatemreservolumen sowie durch die Steigerung der Atemzahl auf 120 bis 200 Liter gesteigert werden. Diese hohen Atemminutenvolumina sind aber nur über einen geringen Zeitraum aufrechtzuerhalten. Erstrecken sich Dauerleistungen über einen längeren Zeitraum, so werden Atemminutenvolumina von 50 bis 60 l BTPS über längere Zeit durchgehalten.

Mannschaftssportler der Sportsportarten (Fußballspieler, Handballer, Hockeyspieler etc.) aus dem Bundesliga- und Nationalmannschaftsbereich erreichen eine Af von 32 bis 40/min und es gelingt ihnen, das AZV auf 3 bis 3,5 l BTPS zu steigern. Demgegenüber zeigen die Verlaufskurven von extremen Ausdauersportlern, wie zum Beispiel von Skilangläufern, schon sehr interessante Ergebnisse für das Atemminutenvolumen, die Atemfrequenz und das Atemzugvolumen. Mit zunehmender Wattleistung erhöht sich das AZV kontinuierlich auf Werte zwischen 3,8 und 4,3 l BTPS. In den Erschöpfungsminuten sind die Af-Werte der Ausdauersportler bei 40 bis 44/min angelangt (NOWACKI 1977).

Wie schon in *Kapitel 5.3.4* erwähnt, liegt die durchschnittliche **Atemfrequenz** in **Ruhe** bei etwa 16 Atemzügen in der Minute. Der jugendliche Organismus atmet schneller als der des Erwachsenen. Im höheren Alter ist dann wieder eine Zunahme der Atemfrequenz zu beobachten. Einflussgrößen auf die Af sind außerdem die Umgebungstemperatur, das Geschlecht und der Trainingszustand. Hochtrainierte Sportler haben eine deutlich herabgesetzte Zahl an Atemzügen (8 bis 10 pro Minute). Die niedrige Atemfrequenz wirkt sich günstig auf die Austauschvorgänge und die Ökonomie der Atmung aus. Bei steigender Atemzahl wird die Atemtiefe zwangsläufig geringer (NÖCKER 1980).

Die folgenden *Abbildungen 84 bis 87* stellen für die Diskussion die **Verlaufskurven** des **Atemminutenvolumens** ( $AMV l \cdot min^{-1} BTPS$ ), des **Atemzugvolumens** ( $AZV l \cdot min^{-1} BTPS$ ) und der **Atemfrequenz** ( $Af \cdot min^{-1}$ ) der vier untersuchten Probandengruppen jeweils in einer Abbildung gegenüber, so dass die drei Parameter bei jeder Untersuchungsgruppe direkt miteinander verglichen werden können.

Die Abbildung 84 zeigt die Verlaufskurven des Atemminutenvolumens, des Atemzugvolumens und der Atemfrequenz von Bundesliga-Hockeyspielern des Limburger HC 1991 in Ruhe, bei Belastung und in der Erholungsphase.



**Abb. 84:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemminutenvolumens ( $\text{AMV l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS), des Atemzugvolumens ( $\text{AZV l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) und der Atemfrequenz ( $\text{Af} \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Hockeyspielern aus dem Bundesliga-Bereich 1991 vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem Laufband.*

Das **mittlere Atemminutenvolumen** der **Bundesliga-Hockeyspieler** beträgt **1991** in der **Vorstartphase**  $10,4 \pm 3,09 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS, liegt also über dem von NÖCKER (1980) und NOWACKI (1977) als **Ruhewert** genannten **8 l/min BTPS** bei einem Atemzugvolumen von  $0,5 \text{ l BTPS}$  und  $16$  Atemzügen pro Minute. Während die Ruheatemfrequenz der Sportler mit  $16 \pm 2/\text{min}$  dem genannten Wert entspricht, ist das Atemzugvolumen mit  $0,67 \pm 0,22 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS leicht erhöht.

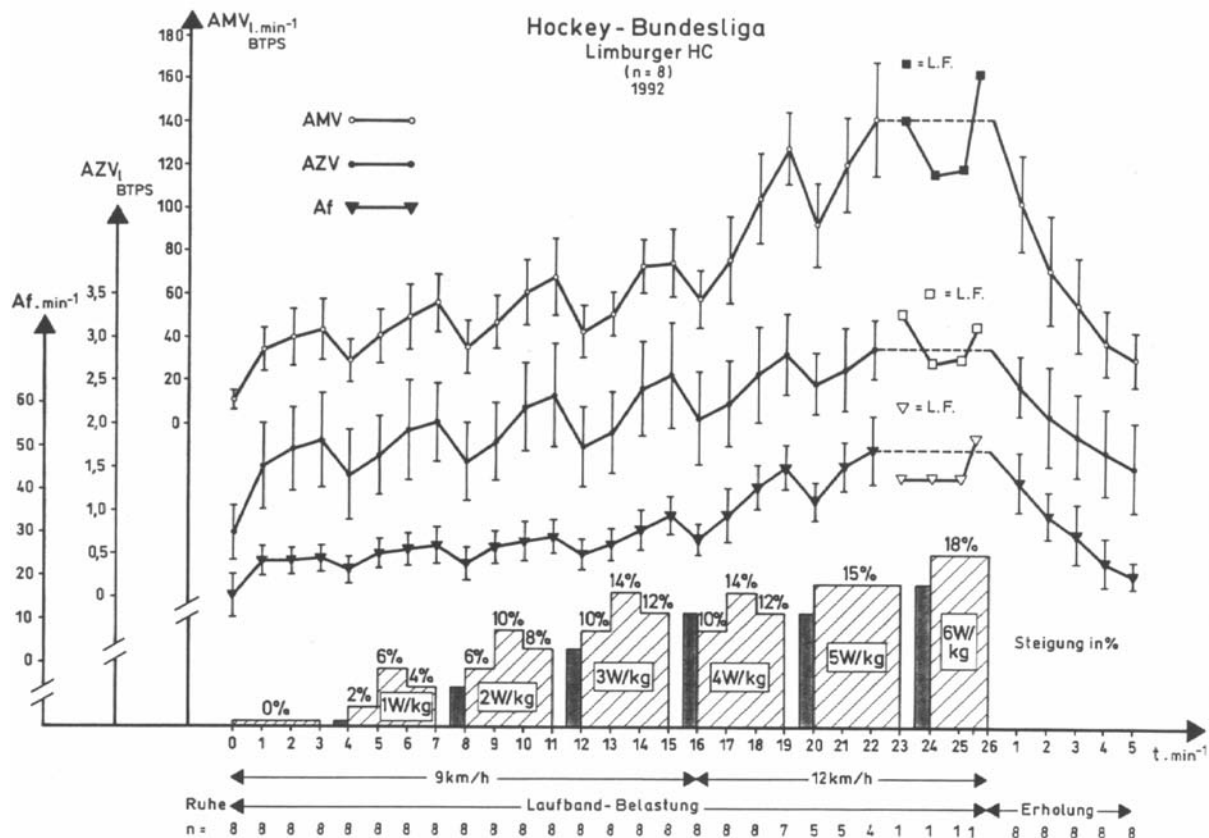
Die erhöhten Ruhewerte lassen sich auf eine leichte, psychisch bedingte Anspannung zurückführen, die sich bei einigen der Probanden durch eine Hyperventilation äußert.

Unter Belastung bieten sich dem Organismus zwei Möglichkeiten, das Atemminutenvolumen zu vergrößern. Dies ist zum einen die Steigerung der Atemfrequenz und auf der anderen Seite die Vertiefung des Atemzugvolumens. Untersuchungen über die Wirkung der bewussten Atemgymnastik erbrachten, dass die Tiefatmung aus vielen Gründen ökonomischer ist als die Steigerung der Atemfrequenz, deren Folge eine Verflachung der Atmung ist. Dies liegt zum einen darin begründet, dass die Vertiefung der Atmung günstigere Mischungsverhältnisse von Frischluft zu verbrauchter Luft in der Lunge schafft. Andererseits kommt es durch die Vertiefung der Atmung zu einer erheblichen Verbesserung des venösen Einstroms in die rechten Herzkammern, was das Schlagvolumen des Herzens beeinflusst und eine Minderung des Venendrucks zur Folge hat. Auch eine übertriebene Tiefatmung ist aufgrund der mit der Einatmungstiefe zunehmenden elastischen Gegenkräfte der Lunge und des Brustkorbs unökonomisch. Für den trainierten Organismus ist es charakteristisch, dass das Atemminutenvolumen bei beginnender Belastung schneller ansteigt und der Zustand des *<steady state>* rascher erreicht wird. Im Laufe des Trainingsprozesses nimmt das Atemminutenvolumen bei gleicher Belastung ab (NÖCKER 1980).

Nach Untersuchungen von KÖNIG u. Mitarb. (1965) reagieren Untrainierte auf eine Belastungserhöhung mit einem unökonomischen Anstieg der Atemfrequenz, während trainierte Personen ihr Atemzugvolumen erhöhen.

Schon kurz nachdem die Belastung einsetzt, steigt 1991 die **AMV-Kurve** steil auf  **$40,9 \pm 9,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$**  an. Dies liegt daran, dass sowohl die Atemfrequenz ( $27 \pm 6/\text{min}$ ) als auch das Atemzugvolumen ( $1,51 \pm 0,27 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) gesteigert werden. Die Erhöhung der Atemfrequenz ist in der ersten Belastungsminute am größten. Diese als unökonomisch angesehene Steigerung der Af zu Beginn des Laufbandversuchs ist wahrscheinlich auf corticale, vor allem psychische, Einflüsse zurückzuführen. Im weiteren Verlauf der Belastung steigt das durchschnittliche Atemminutenvolumen fast ausschließlich durch die Erhöhung des Atemzugvolumens, während die Zahl der Atemzüge mit jeder weiteren Belastungsminute nur geringfügig nach oben klettert. Lediglich in der siebten Belastungsminute fällt das mittlere Atemzugvolumen geringfügig ab. Der Anstieg des AZV entspricht der nach KÖNIG u. Mitarb. (1965) sowie NÖCKER (1980) als ökonomischer angesehenen Tiefatmung, die den Trainierten vom Untrainierten unterscheidet.

In der nächsten Abbildung sind die **Verlaufskurven** des *Atemminutenvolumens*, des *Atemzugvolumens* und der *Atemfrequenz* von **Bundesliga-Hockeyspielern des Limburger HC 1992** in Ruhe, bei Belastung und in der Erholungsphase dargestellt.



**Abb. 85:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemminutenvolumens ( $AMV\ l * min^{-1}$  BTPS), des Atemzugvolumens ( $AZV\ l * min^{-1}$  BTPS) und der Atemfrequenz ( $Af * min^{-1}$ ) von Hockeyspielern aus dem Bundesliga-Bereich 1992 vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem Laufband nach dem sportartspezifischen Laufbandtest.*

Mit  $11,5 \pm 4,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  **BTPS** ist das durchschnittliche **Atemminutenvolumen** der **Bundesliga-Hockeyspieler 1992** in der **Ruhephase** noch höher als bei der Vorjahresuntersuchung ( $10,4 \pm 3,09 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) und liegt deutlich über dem von NOWACKI (1977) und NÖCKER (1980) als **Ruhewert** genannten **8 l/min BTPS** bei einem Atemzugvolumen von 0,5 l BTPS und 16 Atemzügen pro Minute. Wie schon 1991 entspricht die mittlere Ruheatemfrequenz mit  $16 \pm 5/\text{min}$  dem von NOWACKI und NÖCKER genannten Wert, das Atemzugvolumen liegt mit  $0,75 \pm 0,32 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS aber darüber. Auch hier lassen sich die erhöhten Ruhewerte vermutlich auf eine leichte, psychisch bedingte Anspannung zurückführen, die sich bei einigen der Probanden durch eine Hyperventilation äußert.

Mit Belastungsbeginn klettert die **AMV-Kurve** auf  **$34,95 \pm 10,3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$**  (**1. Belastungsminute**), liegt aber deutlich unter dem Wert von 1991 ( $40,9 \pm 9,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ). Dies ist vermutlich auf die unterschiedlichen Belastungsverfahren zurückzuführen, da beim sportartspezifischen Laufbandtest die Beanspruchung in der ersten Untersuchungsminute deutlich niedriger ist, als bei der 1 Watt/kg KG Methode. Grundlage für den niedrigeren

Wert ist vorrangig die Atemfrequenz, denn sie liegt mit  $24 \pm 3/\text{min}$  unter dem Vorjahresergebnis ( $27 \pm 6/\text{min}$ ) während das Atemzugvolumen mit  $1,52 \pm 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS sogar ganz geringfügig höher als das Resultat von 1991 ( $1,51 \pm 0,27 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) ist. Wenn die Atemfrequenz in der ersten Belastungsminute nicht so stark zunimmt wie im Vorjahr, so ist ihre Erhöhung doch auch hier zu Belastungsbeginn am größten. Ein Grund hierfür werden vermutlich wiederum corticale, in erster Linie psychische, Einflüsse sein.

Am Ende der Einlaufphase (nach drei Minuten) ist das Atemminutenvolumen der Probanden auf  $44,25 \pm 14,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS angestiegen, liegt also jetzt über dem Wert der ersten Belastungsminute von 1991. Dabei hat sich die Atemfrequenz kaum erhöht ( $24,5 \pm 3/\text{min}$ ), während das Atemzugvolumen auf  $1,82 \pm 0,55 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS gestiegen ist. Bedingt durch das Sinken sowohl von Af ( $22 \pm 3/\text{min}$ ) als auch von AZV ( $1,42 \pm 0,53 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) fällt das mittlere Atemminutenvolumen in der ersten Pause (4. Minute) auf  $30,1 \pm 9,9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS. Das leichte Absinken von Atemminutenvolumen, Atemzugvolumen und Atemfrequenz wiederholt sich in allen Belastungspausen. Mit Wiederaufnahme der Belastung nehmen sowohl Atemfrequenz als auch Atemzugvolumen und somit auch das **Atemminutenvolumen** ( $41,4 \pm 12,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS in der 5. Minute) erneut zu. Mit Ausnahme der Belastungsunterbrechungen steigt das mittlere Atemminutenvolumen im weiteren Verlauf der Belastung weitgehend durch die Erhöhung des Atemzugvolumens an, während die Zahl der Atemzüge mit jeder weiteren Belastungsminute wesentlich langsamer nach oben klettert. Dies lässt nach KÖNIG u. Mitarb. (1965) sowie NÖCKER (1980) auf eine als ökonomischer angesehene Tiefatmung schließen, die den Trainierten vom Untrainierten unterscheidet. Lediglich nach der 17. Belastungsminute macht die mittlere Atemfrequenz noch einmal einen erheblichen Sprung nach oben (von  $34,5 \pm 6/\text{min}$  in der 17. Minute auf  $41 \pm 5/\text{min}$  in der 18. Minute), wobei das Atemzugvolumen fast unverändert bleibt ( $2,26 \pm 0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS in der 17. Minute und  $2,26 \pm 0,56 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS in der 18. Minute). Dies lässt sich wahrscheinlich darauf zurückführen, dass einige Probanden am Ende dieser Belastungsstufe (einer sogar kurz vorher) die Beanspruchung abbrechen und noch einmal alle Reserven mobilisieren, da sie an ihrer Belastungsgrenze angelangt sind. Diese Erhöhung der Atemfrequenz tritt auch bei L. F. in seiner letzten Belastungsminute auf ( $43/\text{min}$  in der 25. Minute und  $52/\text{min}$  nach 25 Minuten und 30 Sekunden).

In den *Abbildungen 86* und *87* sind die **Verlaufskurven** des **Atemminutenvolumens**, des **Atemzugvolumens** und der **Atemfrequenz** der **Knaben A** sowie der männlichen **Jugend B** des **Limburger HC 1992** in Ruhe, bei Belastung und in der Erholungsphase gegenübergestellt.

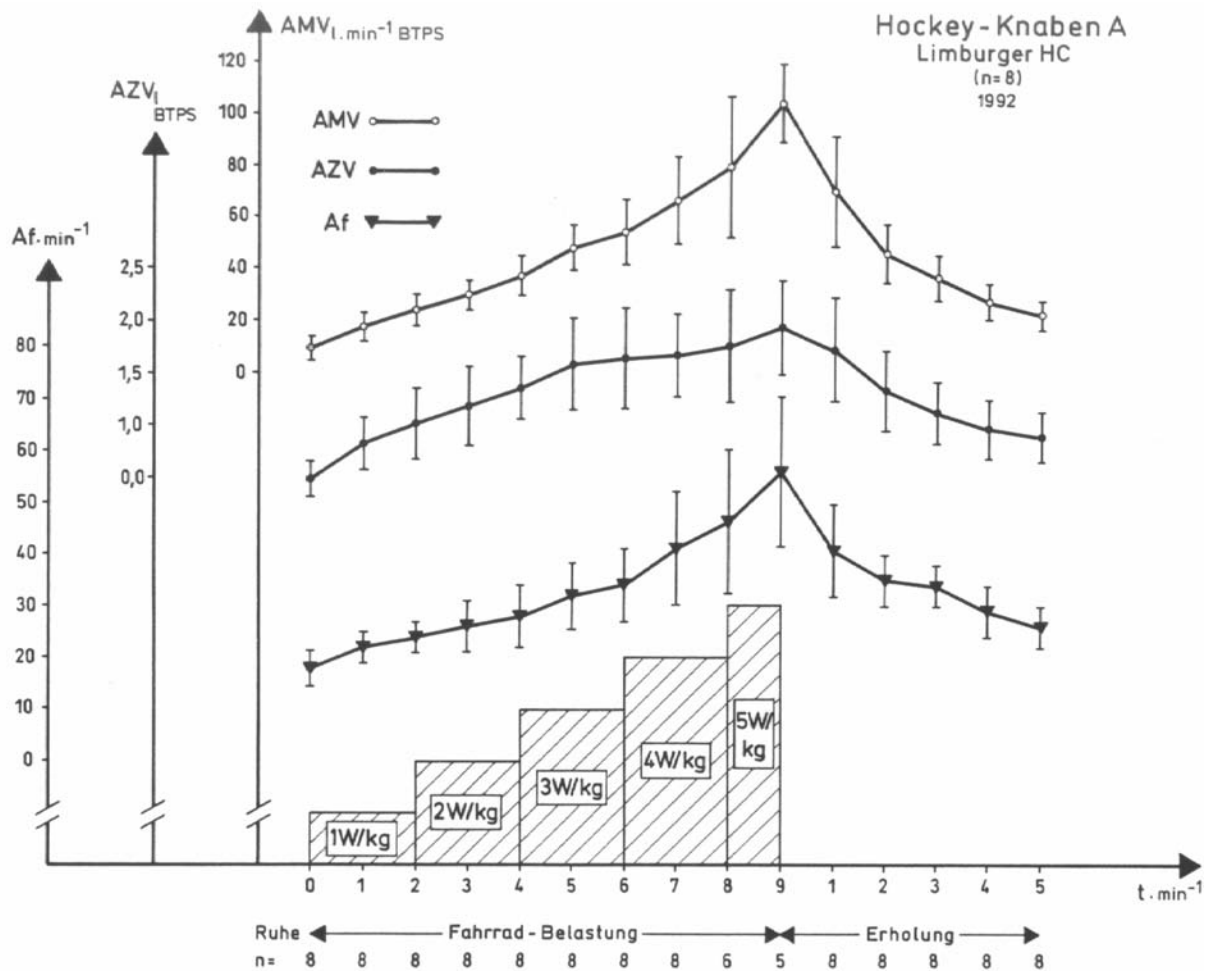
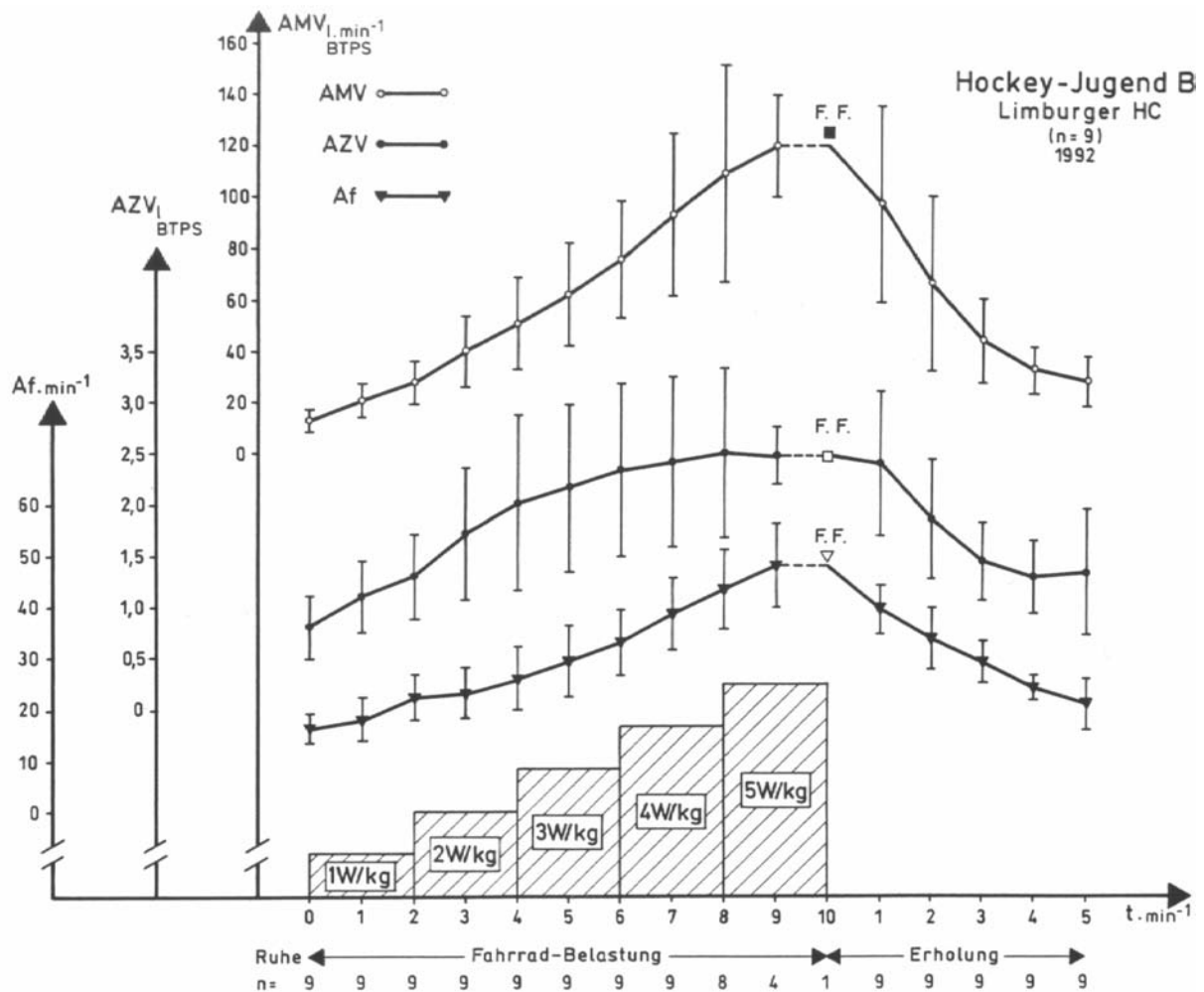


Abb. 86:

Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemminutenvolumens ( $\text{AMV l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ), des Atemzugvolumens ( $\text{AZV l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) und der Atemfrequenz ( $\text{Af} \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Hockeyspielern (Knaben A) 1992 vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem Fahrrad.

Das **durchschnittliche Atemminutenvolumen** der **Knaben A** des LHC liegt mit  $9,3 \pm 4,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  unter dem der Bundesliga-Hockeyspieler und kommt dem von NOWACKI (1977) und NÖCKER (1980) als **Ruhewert** genannten  $8 \text{ l/min BTPS}$  bei einem Atemzugvolumen von  $0,5 \text{ l BTPS}$  und 16 Atemzügen pro Minute unter den Hockeyspielern am nächsten. Weit über dem von NOWACKI und NÖCKER genannten **Ruhewert** liegen die Spieler der **B-Jugend** mit  $12,8 \pm 4,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ . Während die Knaben mit  $18 \pm 3,5/\text{min}$  eine erhöhte Atemfrequenz haben, ist ihr Atemzugvolumen mit  $0,49 \pm 0,17 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  recht niedrig. Da sie noch nicht ausgewachsen sind, ist dies auch auf ihre kleineren Lungen zurückzuführen. Die B-Jugendlichen entsprechen mit einer Atemfrequenz von  $16 \pm 3/\text{min}$  dem von NOWACKI und NÖCKER genannten Ruhewert, ihr Atemzugvolumen liegt mit  $0,81 \pm 0,31 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$  aber deutlich darüber.



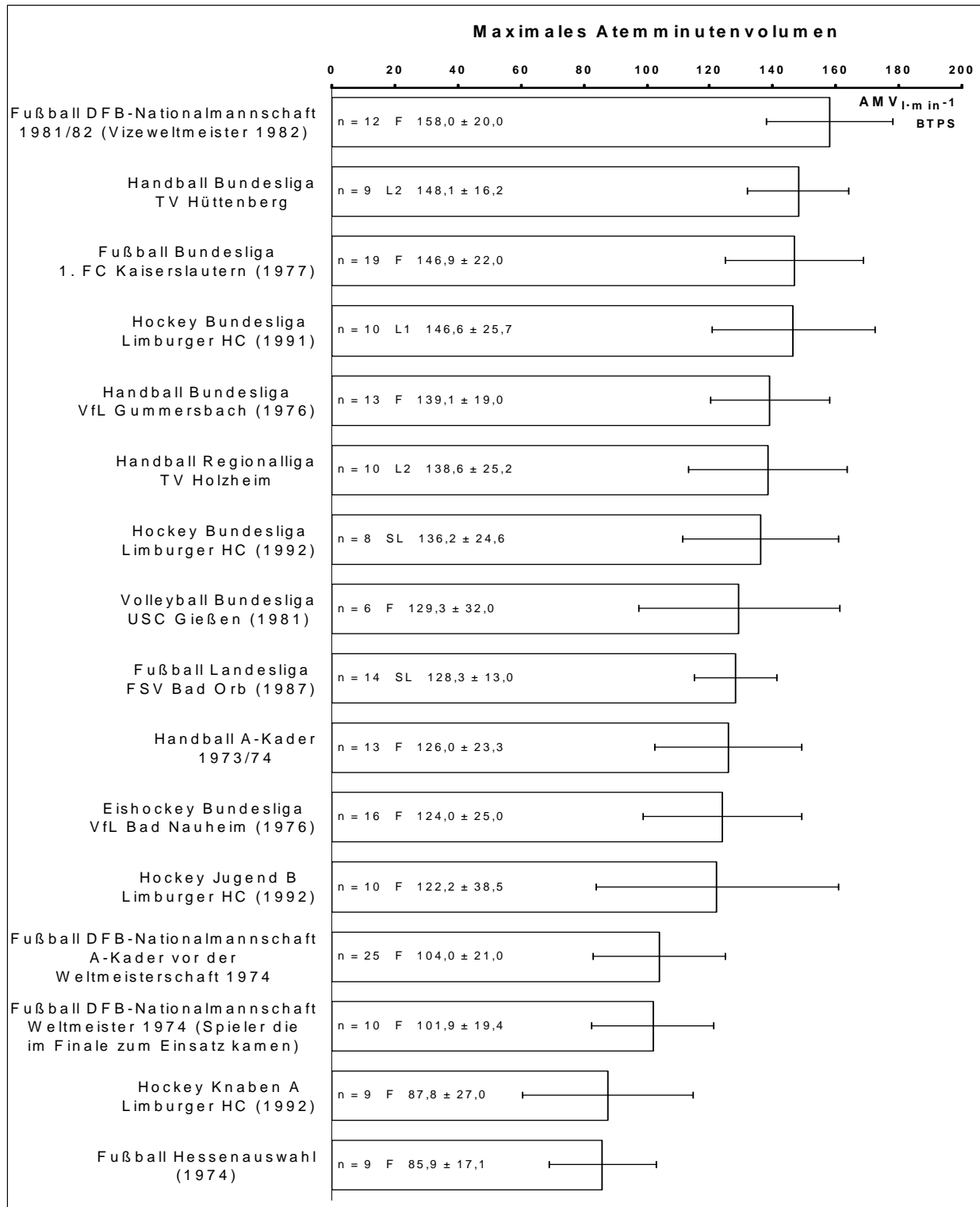


**Abb. 87:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemminutenvolumens ( $AMV_l \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ), des Atemzugvolumens ( $AZV_l \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS}$ ) und der Atemfrequenz ( $Af \cdot \text{min}^{-1}$ ) von Hockeyspielern (männliche B-Jugend) 1992 vor, während und nach erschöpfender Belastung auf dem Fahrrad.*

Sowohl Atemzugvolumen als auch Atemfrequenz steigen nach Belastungsbeginn bis zum Belastungsende bei den Knaben und Jugendlichen linear an, wobei das mittlere Atemzugvolumen bei den B-Jugendlichen am Ende noch einmal etwas abnimmt, was aber vermutlich auf die sich verringernde Probandenzahl zurückzuführen ist.

Beide Gruppen erhöhen also das Atemminutenvolumen nicht nur durch eine Vergrößerung des Atemzugvolumens, sondern auch durch eine Erhöhung der Atemzüge, d. h. die von KÖNIG u. Mitarb. (1965) sowie NÖCKER (1980) als ökonomischer angesehene Tiefatmung, die den Trainierten vom Untrainierten unterscheidet, kommt hier nicht so zum Tragen.



- F = Fahrradergometrie 1 Watt/kg KG-Methode
- L 1 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 12 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 3 %)
- L 2 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 9 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 4 %)
- SL = Sportartspezifische Laufbandergometrie

**Abb. 88:**

**Vergleich des durchschnittlichen maximalen Atemminutenvolumens ( $AMV_{max}$ ,  $l \cdot min^{-1}$  BTPS) verschiedener Ballspielsportarten nach erschöpfender Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie.**

Nach NÖCKER (1980) sind im **Hochleistungsbereich Atemminutenwerte** von **200 l BTPS** erreichbar. NOWACKI (1977) ermittelte hohe Werte für **Ausdauersportarten**: Rudern  $198,3 \pm 45,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS (Deutschland Achter 1968) und Skilanglauf (1969)  $172,2 \pm 39,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS. Solch hohe Atemminutenvolumina erreichen die Hockeyspieler des LHC weder 1991 noch 1992. Während sie **1991 ein mittleres maximales AMV von  $146,6 \pm 25,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS** erlangen, liegen die Limburger Probanden ein Jahr später mit durchschnittlich  **$136,2 \pm 24,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS** deutlich unter diesem Wert. 1991 sind die Bundesliga-Hockeyspieler im Bereich der Ballspielsportarten (vgl. *Abbildung 88*) sehr hoch angesiedelt und mit dem Handball-Bundesligisten TV Hüttenberg  $148,1 \pm 16,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS und dem Fußball-Erstligisten 1. FC Kaiserslautern  $146,9 \pm 22 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS vergleichbar. Die nach dem sportartspezifischen Laufbandtest untersuchten Bundesliga-Hockeyspieler von 1992 liegen dagegen darunter und sind mit dem Handball-Regionalligisten TV Holzheim  $138,6 \pm 25,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS vergleichbar. Den Höchstwert erreicht die Fußball-Nationalmannschaft von 1981/82 ( $158,0 \pm 20 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS). Deutlich darunter liegt die auf dem Fahrradergometer nach dem 1 Watt/kg KG-Verfahren belastete Fußball-Weltmeistermannschaft von 1974 mit  $101,9 \pm 19,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS. Den niedrigsten Wert hat die ebenfalls auf dem Fahrradergometer untersuchte Fußball Hessenauswahl von 1974 mit  $85,9 \pm 17,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS. Etwas darüber liegen sogar noch die fahrradergometrisch untersuchten Knaben A des LHC mit ihrem mittleren Maximum von  $87,8 \pm 27 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS. Der Maximalwert der B-Jugendlichen ( $122,2 \pm 38,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) ist mit der Leistung des Eishockey Bundesligisten VfL Bad Nauheim von 1976 ( $124 \pm 25 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) vergleichbar.

Die Messung des **Atemminutenvolumens** unter **maximaler Belastung** bietet gute Beurteilungsmöglichkeiten der **Leistungsfunktion** und der **Leistungsmaxima** des **Atemapparates** (MELLEROWICZ 1979). Mit ihrem **mittleren maximalen AMV** befinden sich die **Hockeyspieler des LHC 1991 im sehr guten Bereich**. 1992 liegen sie etwas darunter. Die hohen Atemminutenvolumina zeigen insgesamt eine gute ventilatorische Ausbelastung an. Sowohl 1991 als auch 1992 sinken nach der Belastung alle drei Atmungsparameter der Bundesliga-Hockeyspieler ab und nähern sich mit jeder Erholungsminute mehr den Ausgangswerten, ohne diese jedoch in der fünfminütigen Erholungsphase zu erreichen. Eine **rasche Erholung** wird als günstig angesehen und gilt als **Zeichen einer guten respiratorischen Erholungsfähigkeit**.

In beiden Untersuchungen sinkt die Af schneller als das AZV der Probanden. Das AZV reagiert gegenüber der Af verzögert, was sich aber in Hinsicht auf die Abatmung der Sauerstoffschuld mittels der größeren Atemtiefe als günstig erweist.

Wie bei den erwachsenen Probanden fallen auch bei den Knaben A und den B-Jugendlichen nach Belastungsende alle drei Atmungsparameter ab und nähern sich mit jeder Erholungsminute mehr den Ausgangswerten. Doch auch hier werden diese in der fünfminütigen Erholungsphase nicht erreicht. Bei den B-Jugendlichen steigt das mittlere AZV in der fünften Erholungsminute noch einmal geringfügig an (von  $1,32 \pm 0,36 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS in der vierten Minute nach Belastungsende auf  $1,36 \pm 0,62 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS).

Mit einem Ruheatemminutenvolumen von 10,2 l/min BTPS befindet sich der leistungsfähigste Hockeyspieler L. F. 1991 über dem von NOWACKI (1977) und NÖCKER (1980) genannten Durchschnittswert. Während seine Atemfrequenz mit 14/min niedriger ist als der von NOWACKI (1977) angegebene Ruhewert, liegt sein Atemzugvolumen (0,729 l/min BTPS) deutlich darüber. Auch hier macht sich wieder die Nervosität des Probanden bemerkbar. Das AMV des Sportlers klettert am Belastungsende auf 172,8 l/min BTPS und liegt damit deutlich über dem mittleren Maximalwert der Probandengruppe. In der Erholungsphase sinkt die Af schneller als das AZV. Nach fünf Erholungsminuten sind für L. F. 19 Atemzüge und ein AZV von 1,516 l/min BTPS registriert. Das AMV beträgt 28,8 l/min BTPS und liegt noch klar über dem Ruheaussgangswert.

O. H. hat 1991 ein Ruhe-AMV von 6,6 l/min BTPS. Dies ist vor allem auf sein niedriges AZV zurückzuführen, das 0,367 l/min BTPS beträgt. Die Atemfrequenz liegt mit 18/min leicht über dem von NOWACKI (1977) genannten Wert. Das Atemminutenvolumen des Probanden steigt mit jeder Belastungsminute an und überschreitet am Belastungsende mit 201,6 l/min BTPS geringfügig den von NÖCKER (1980) für den Hochleistungsbereich genannten Wert von 200 l BTPS. In der Erholungsphase sinkt das AMV von O. H. zwar ständig ab, beträgt nach fünf Minuten aber noch 50,4 l/min BTPS. Damit liegt O. H. deutlich über dem Mittelwert der Probandengruppe von  $30,3 \pm 7,66 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS. Das niedrige Ruhe-AMV (vor allem durch sein geringes AZV) und der hohe Wert am Belastungsende sprechen für den guten Trainingszustand des Sportlers.

1992 liegt das Ruheatemminutenvolumen von L. F. mit 14,7 l/min BTPS deutlich über dem Vorjahreswert (10,2 l/min BTPS) und weit über dem von NOWACKI (1977) und NÖCKER (1980) genannten Durchschnittswert. Auffallend ist, dass seine Atemfrequenz mit 12/min noch unter dem Wert von 1991 (14/min) und damit auch unter dem von NOWACKI (1977) angegebenen Ruhewert liegt, während sein Atemzugvolumen mit 1,225 l/min BTPS klar höher als der vorhergehende Wert (0,729 l/min BTPS) ist. Da bei dem Probanden die 1991 registrierten Anzeichen von Nervosität diesmal nicht so deutlich vorhanden waren, ist der gute Trainingszustand ein möglicher Grund für das große Ruhe-AZV des Sportlers. Wie auch bei den anderen Probanden steigt das AMV von L. F. mit einsetzender Belastung (36,3 l/min BTPS bei 1,815 l/min BTPS AZV und 20/min Af in der ersten Belastungsminute) insgesamt an, wenn es auch in den Zwischenminuten immer wieder etwas absinkt. Am Ende erreicht der Proband ein Atemminutenvolumen von 163,2 l/min BTPS mit einem Atemzugvolumen von 3,138 l/min BTPS und einer Atemfrequenz von 52/min. Sein maximales Atemminutenvolumen ist damit niedriger als 1991 (172,8 l/min BTPS), liegt aber immer noch deutlich über dem mittleren Maximalwert der Probandengruppe ( $136,2 \pm 24,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS). Der Grund für den niedrigeren Maximalwert – im Vergleich zur Vorjahresuntersuchung – dürfte im Belastungsverfahren liegen. Durch die Belastungspausen kann sich die Atmung immer wieder erholen und das Atemminutenvolumen bleibt insgesamt geringer. Die Atemfrequenz von L. F. sinkt in der Erholungsphase rasch ab, während das Atemzugvolumen langsamer abfällt. Nach den fünf Erholungsminuten hat der Proband ein AMV von 35,4 l/min BTPS bei einem Atemzugvolumen von 1,609 l/min BTPS

und 22 Atemzügen. Auch diesmal liegt das AMV noch deutlich über dem Ruheausgangswert und ist wesentlich höher als der Vorjahreswert (28,8 l/min BTPS) am Ende der Erholungsphase.

## 7.4 Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik

Die folgenden Abbildungen 89 bis 92 stellen für die Diskussion die Verlaufskurven der *absoluten Sauerstoffaufnahme* ( $\dot{V}O_2$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD), der *relativen Sauerstoffaufnahme* ( $\dot{V}O_2$  ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD) und des *Sauerstoffpulses* ( $O_2/H_f$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD) der vier untersuchten Hockey-Probandengruppen noch einmal vergleichend gegenüber.

Die Durchschnittswerte der *absoluten* und *relativen Sauerstoffaufnahme* sowie des *Sauerstoffpulses* der **Bundesliga-Hockeyspieler** des **Limburger HC** in Ruhe, bei Belastung und in der Erholungsphase **1991** und **1992** sind in den beiden folgenden Abbildungen vergleichend aufgeführt.

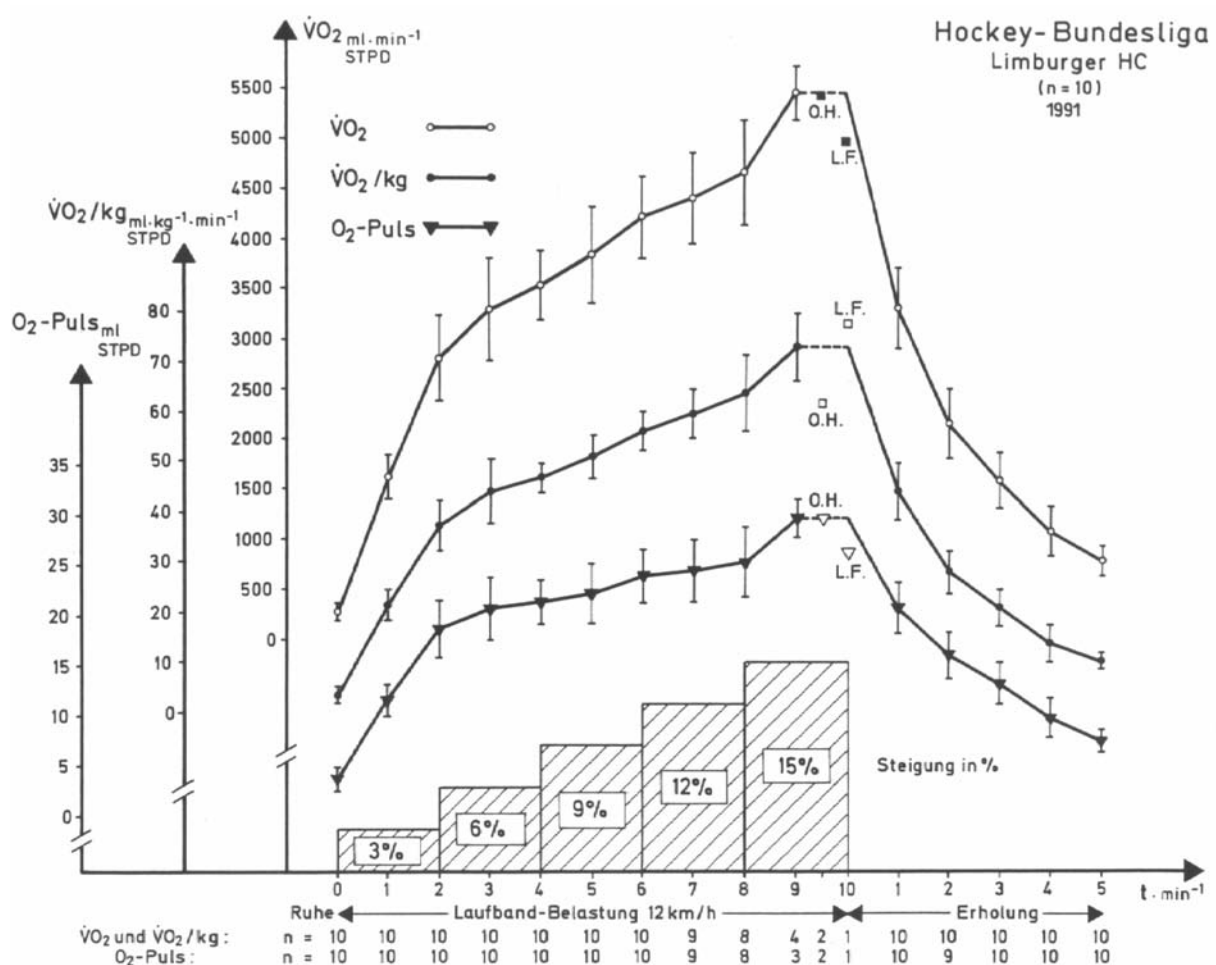


Abb. 89:

Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der absoluten ( $\dot{V}O_2$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD) und relativen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2$  ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD) sowie des Sauerstoffpulses ( $O_2/H_f$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD) von Hockeyspielern aus dem Bereich der Bundesliga vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie 1991.

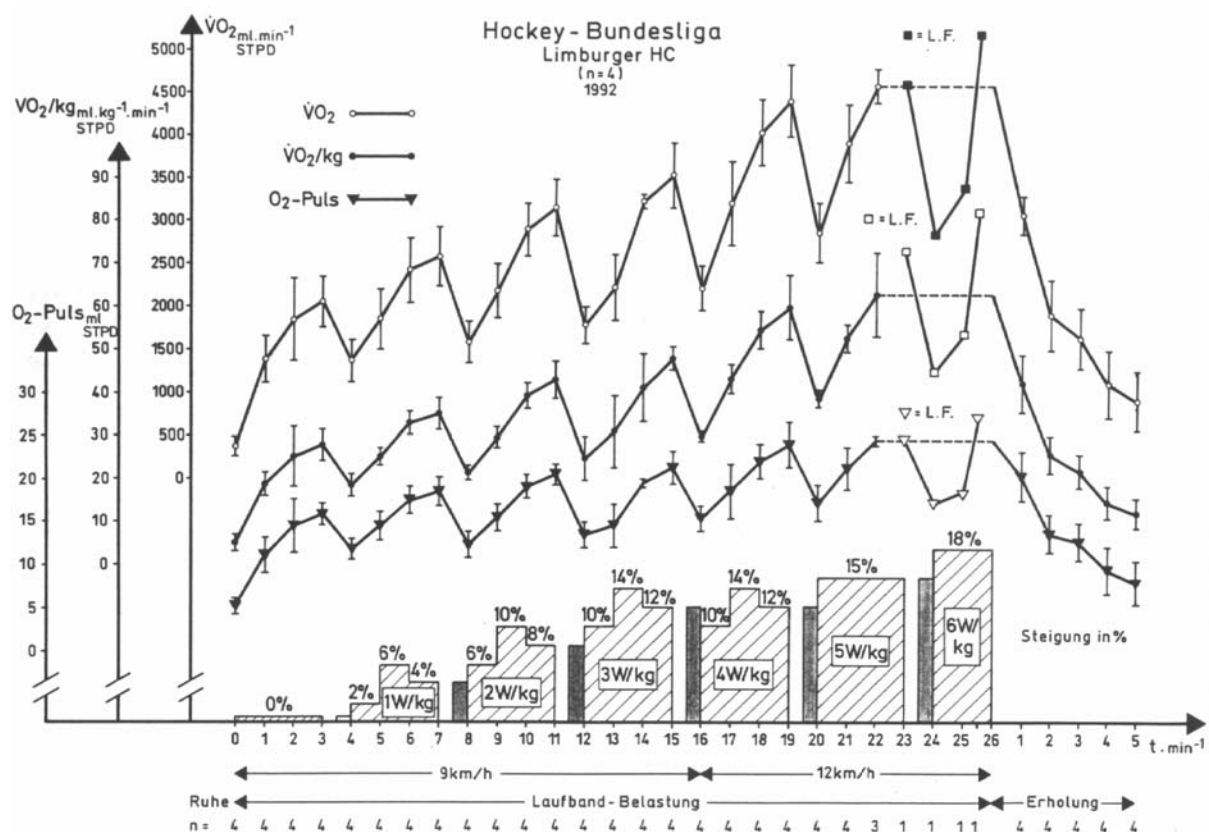
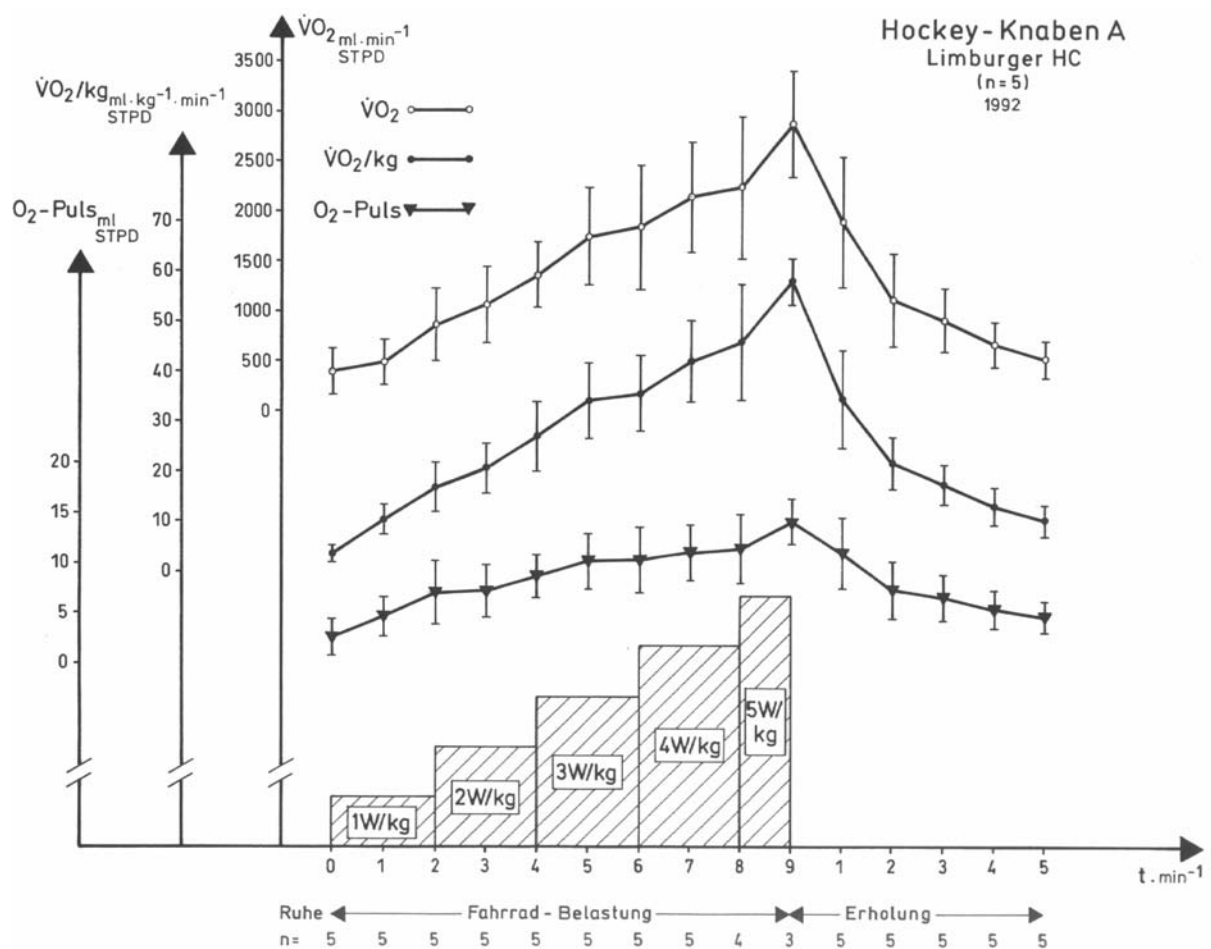


Abb. 90:

Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der absoluten ( $\dot{V}O_2$  ml  $\cdot$  min $^{-1}$  STPD) und relativen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2$  ml  $\cdot$  kg $^{-1}$   $\cdot$  min $^{-1}$  STPD) sowie des Sauerstoffpulses ( $O_2/H_f$  ml  $\cdot$  min $^{-1}$  STPD) von Hockeyspielern aus dem Bereich der Bundesliga vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach dem sportartspezifischen Laufbandtest 1992.

Die nachfolgenden Abbildungen 91 und 92 zeigen die Mittelwerte der **absoluten** und **relativen Sauerstoffaufnahme** sowie den durchschnittlichen **Sauerstoffpuls** der **Knaben A** bzw. **Hockey-Jugend B** des **Limburger HC 1992** in Ruhe, bei Belastung und in der Erholungsphase als Vergleichsparameter.



**Abb. 91:**

Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der absoluten ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) und relativen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) sowie des Sauerstoffpulses ( $O_2/Hf \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von Hockeyspielern (Knaben A) vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode) 1992.

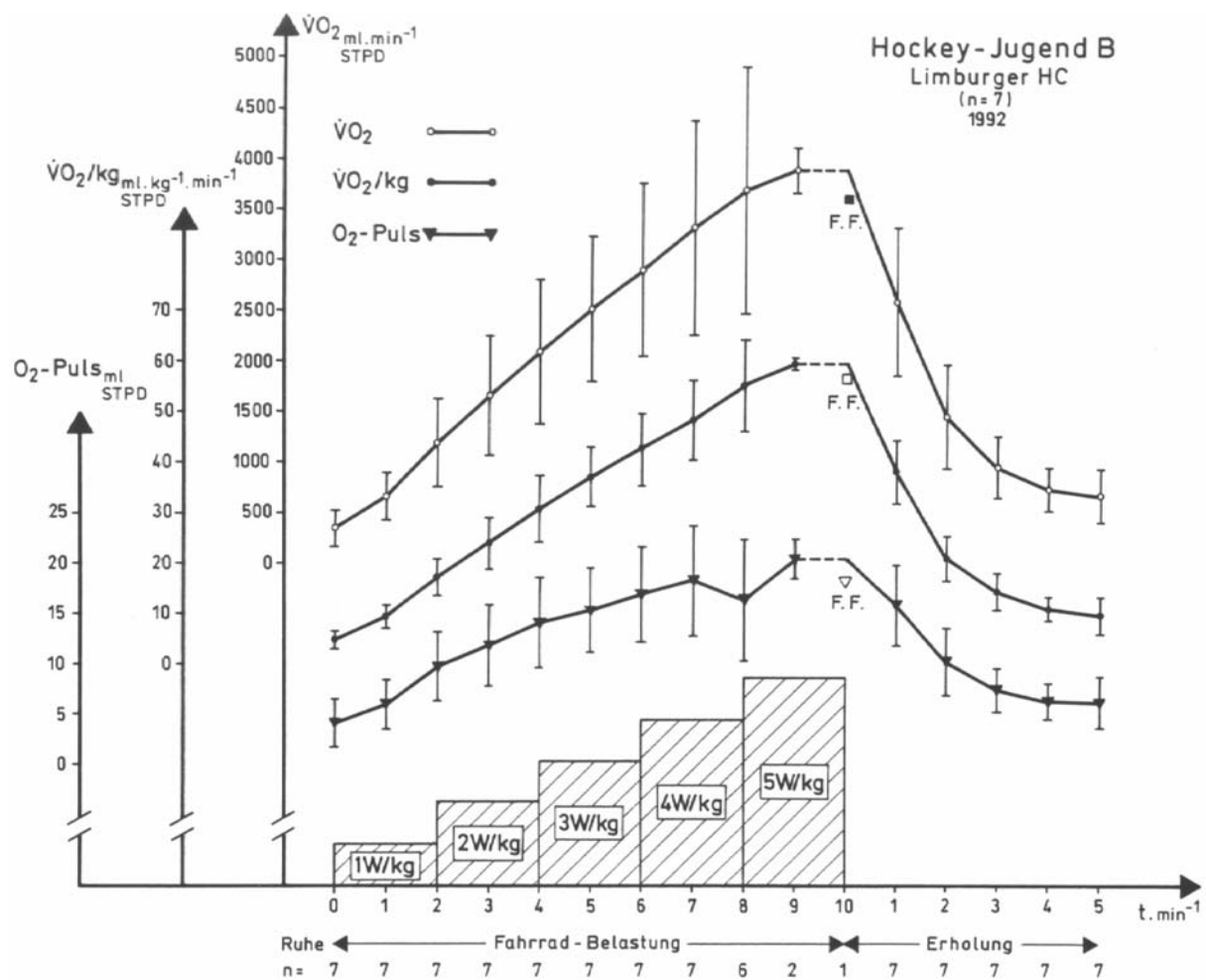


Abb. 92:

Vergleichende Darstellung der Mittelwerte der absoluten ( $\dot{V}O_2$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD) und relativen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2$  ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD) sowie des Sauerstoffpulses ( $O_2/Hf$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD) von B-Jugend Hockeyspielern 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie in steigenden Wattstufen (1 Watt/kg KG-Methode).

### 7.4.1 Absolute Sauerstoffaufnahme

„Sauerstoffaufnahme und maximale Sauerstoffaufnahme sind die Basismessgrößen der sportmedizinischen Funktionsdiagnostik. Sie spiegeln als Summenparameter das Ausmaß der oxydativen Phosphorylierung in den arbeitenden Zellen (Muskulatur) und der kardio-pulmonalen Funktion einschließlich der adäquaten Regulationsmechanismen pro Zeiteinheit bei definierten Belastungen wider.“ (BADTKE 1986)



Die **absolute Sauerstoffaufnahme** gilt nach HOLLMANN (1986) als **Bruttokriterium der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit** und erfasst die Kapazität mehrerer abhängiger Funktionssysteme bei erschöpfender körperlicher Belastung (NOWACKI 1973, 1977, HOLLMANN, HETTINGER 2000). NOWACKI (1977) definiert die **maximale Sauerstoffaufnahme** umfassender als integralen Wert der **aeroben** und **anaeroben Kapazität**. Dies entspricht auch dem Ablauf bei der spiroergometrischen Messung, welche den Athleten über seine aerobe Leistung bis zur maximalen anaeroben Leistung am Erschöpfungspunkt führt (NOWACKI 1973, 1977, 2005, 2007).

Die **Größe der absoluten Sauerstoffaufnahme** hängt von einer Reihe interner und externer Faktoren ab, die von NOWACKI (1973, 1977) sowie HOLLMANN, HETTINGER (2000) dargelegt wurden. Zu den wichtigsten **internen Faktoren** zählen die Diffusion in der Lunge, die Ventilation, das Herzzeitvolumen, das Blutvolumen, die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz, der Totalhämoglobingehalt, der Ernährungszustand und die dynamische Leistungsfähigkeit der beanspruchten Muskulatur.

Als **externe Faktoren** sind die Belastungsart, die Größe und Art der eingesetzten Muskulatur, der O<sub>2</sub>-Partialdruck, die Körperposition und das Klima zu nennen.

Hinsichtlich des **Sauerstoffaufnahmevermögens** können diese Parameter als leistungsbegrenzende Faktoren von Bedeutung sein, wobei das Herzzeitvolumen und die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz den größten Einfluss haben. Weiterhin wird die maximale Sauerstoffaufnahme vom Geschlecht, Alter, Trainingszustand und der Umgebung beeinflusst.

Nach NOWACKI (1973) können gesunde **untrainierte Männer** maximal **2000 bis 3000 ml/min STPD Sauerstoff** aufnehmen, wobei er **3000 ml/min STPD** als **Übergang** vom untrainierten zum trainierten Bereich ansieht. **Trainierte** können eine **maximale Sauerstoffaufnahme** von **4000 ml/min STPD** erreichen und diesen Wert noch überschreiten. Durch intensives Ausdauertraining können im Spitzensport sogar Werte erzielt werden, die mehr als doppelt so hoch sind, wie die maximale Sauerstoffaufnahme von Untrainierten. So fand NOWACKI (1977) 1972 bei Weltklasseruderern (Ratzeburg Achter) eine mittlere maximale Sauerstoffaufnahme von  $6696 \pm 453 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Auch andere Spitzenrudermannschaften wie der Deutschland Achter von 1970 nach einem Höhenttraining ( $6552 \pm 432 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) oder der Essen Achter von 1972 ( $6308 \pm 136 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) erzielten eine maximale Sauerstoffaufnahme über 6000 ml/min STPD. Etwas darunter lagen fünf Skilangläufer, die 1969 unter Hypoxiebedingungen in 2045 m Höhe untersucht wurden und eine durchschnittliche maximale Sauerstoffaufnahme von  $5564 \pm 803 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  schafften. Diese hohen Resultate waren bei den Spielern des Limburger HC nicht zu erwarten, da es sich beim Hockey um ein Ballspiel und keine reine Ausdauersportart handelt.

NOWACKI nennt die auf der nächsten Seite in *Tabelle 24* dargestellten Beurteilungskriterien für die maximale absolute Sauerstoffaufnahme.

Tab. 24:

*Beurteilungskriterien der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme ( $VO_2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) nach NOWACKI (NOWACKI 2005, KREUTER 2007).*

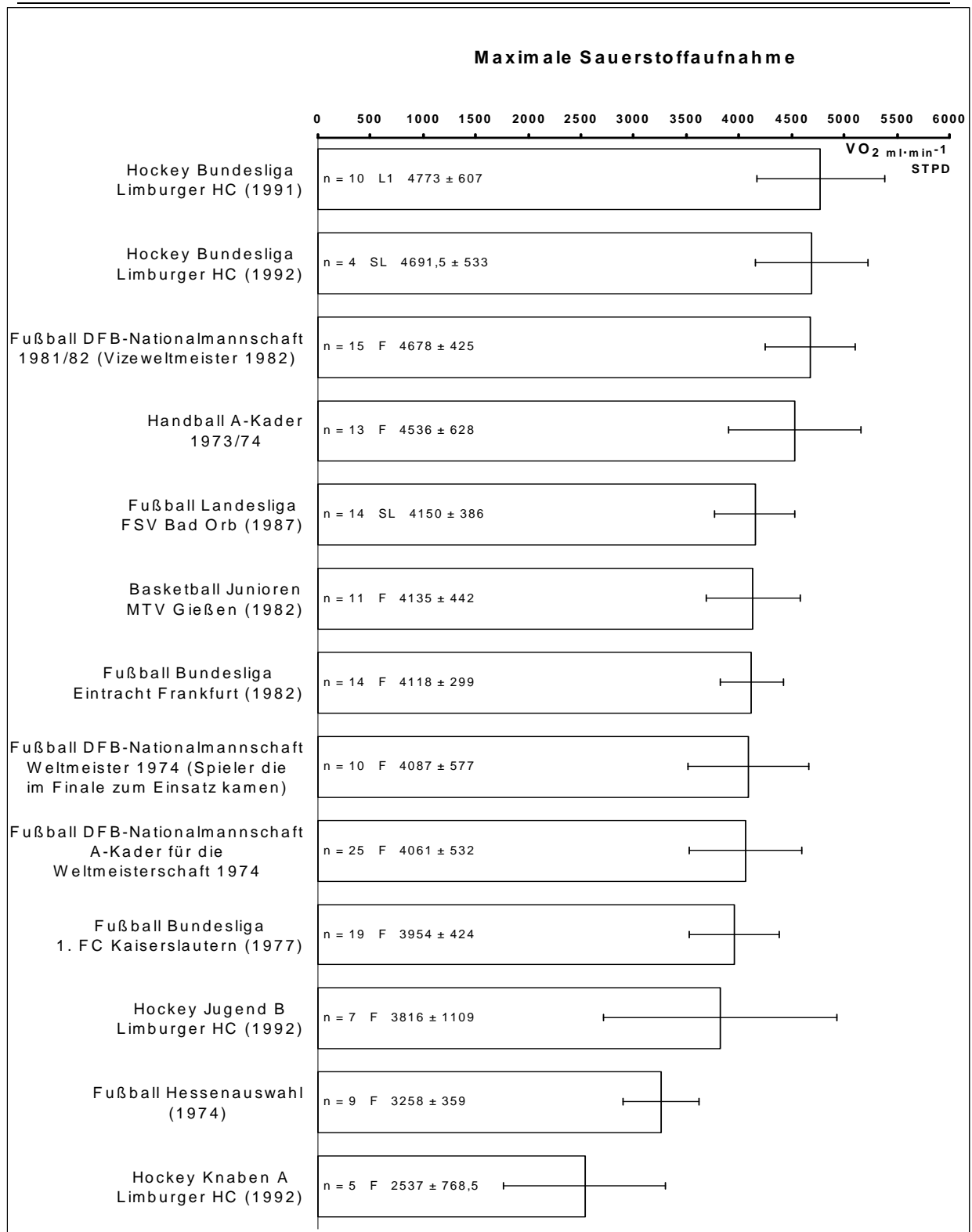
<i>Sauerstoffaufnahme</i>	<i>Leistungsfähigkeit</i>
bis 1500 ml/min	pathologisch
1500 bis 3000 ml/min	untrainiert
3000 bis 3500 ml/min	leicht trainiert
3500 bis 4000 ml/min	befriedigend trainiert
4000 bis 5000 ml/min	gut trainiert
5000 bis 6000 ml/min	sehr gut trainiert
über 6000 ml/min	Hochleistungstrainingszustand

Ausgehend von  $271 \pm 93 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  als **mittlerem Ruhewert**, steigt die **Sauerstoffaufnahme** der **Hockeyspieler 1991** auf einen **durchschnittlichen Maximalwert** von  $4773 \pm 607 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  an. Die **1992** untersuchten Probanden aus dem Bundesligateam des LHC haben mit  $367,5 \pm 110 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  zwar einen höheren **Durchschnittsruhwert**, ihr **mittlerer Maximalwert** ist mit  $4691,5 \pm 532,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  jedoch niedriger. Damit bleiben die Sportler sowohl 1991 als auch 1992 zwar klar hinter den Ruderern zurück, doch ihr guter Trainingszustand wird deutlich.

BUDINGER (1979) nennt  $3870 \pm 390 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  als durchschnittliche maximale Sauerstoffaufnahme des **Hockey-Olympiakaders** im März **1967**. Im März **1968** erreicht der hinsichtlich der Mannschaftsmitglieder etwas veränderte Olympiakader dann einen mittleren Maximalwert von  $4070 \pm 470 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Ein Vergleich der Ergebnisse von 1991 und 1992 mit den Daten von 1967 und 1968 kann als Zeichen einer vergrößerten Anforderung an die Ausdauerleistungsfähigkeit im modernen Hockey angesehen werden.

Sowohl der mittlere Ruhewert ( $200 \pm 117 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) als auch der durchschnittliche Maximalwert der Knaben A ist mit  $2536,5 \pm 769 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  deutlich niedriger als bei den erwachsenen Probanden. Jedoch darf hieraus nicht geschlossen werden, dass die Leistungsfähigkeit der jungen Sportler im untrainierten Bereich angesiedelt ist, sondern es ist das Alter und die damit verbundene geringere Möglichkeit der absoluten Sauerstoffaufnahme (aufgrund der kleineren Lungen) zu berücksichtigen.

Bei den etwas älteren B-Jugendspielern ist die absolute Sauerstoffaufnahme in Ruhe mit  $338 \pm 177 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  schon etwas höher und der Maximalwert überschreitet mit  $3816 \pm 1109 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  den der Knaben A. Nach den Beurteilungskriterien sind die jugendlichen Hockeyspieler damit im befriedigend trainierten Bereich einzuordnen, aber auch hier muss noch immer das Alter berücksichtigt werden.



F = Fahrradergometrie 1 Watt/kg KG-Methode

L1 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 12 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 3 %)

SL = Sportartspezifische Laufbandergometrie

### Abb. 93:

*Vergleichende Betrachtung der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2 \text{ max. ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) von Mannschaften verschiedener Ballspielsportarten nach erschöpfender Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie.*

Beim Vergleich der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme verschiedener Ballspielsportarten schneiden die Limburger Bundesliga-Hockeyspieler 1991 und 1992 sehr gut ab (vgl. *Abbildung 93*). Mit ihren durchschnittlichen Maximalwerten liegen sie über den anderen Ballsportarten. Es muss jedoch bedacht werden, dass die anderen Mannschaften, mit Ausnahme des Landesligisten FSV Bad Orb, auf dem Fahrradergometer nach dem Gießener Watt/kg KG-Belastungsverfahren untersucht wurden. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, wird die **maximale Sauerstoffaufnahme** bei erschöpfender **Laufbandspiroergometrie** um **5 bis 10 Prozent höher** bestimmt als bei einer Untersuchung auf dem Fahrradergometer (NOWACKI u. Mitarb. 1980b). Als eine der Hauptursachen dafür ist nach HOLLMANN, HETTINGER (2000) die Belastungsart anzusehen. Laufbandbelastung erfordert den Einsatz eines großen Teils der Gesamtmuskulatur. NÖCKER (1980) fordert die Beteiligung von 70 % der Muskulatur bei „vita-maxima“-Untersuchungen, damit der tatsächliche Maximalwert erreicht wird.

Die B-Jugend Hockeyspieler und vor allem die Knaben A schneiden wesentlich schlechter als die erwachsenen Hockeyspieler ab. Mögliche Gründe hierfür (die Alters- und Entwicklungsstufe) wurden bereits genannt. Außerdem kommt bei den Nachwuchs-Hockeyspielern noch hinzu, dass auch sie nicht auf dem Laufband, sondern auf dem Fahrradergometer untersucht wurden.

Die beiden **leistungsfähigsten Probanden** L. F. und O. H. erreichen 1991 ihre größte Sauerstoffaufnahme mit **5091 ml/min STPD** (L. F.) und **5754 ml/min STPD** (O. H.) eine Minute bzw. 30 Sekunden vor Belastungsende und dringen in den sehr gut trainierten Bereich vor.

Im Ausbelastungsbereich steigt die Sauerstoffaufnahme meist nicht mehr linear, sondern kurvenförmig an, um schließlich zu stagnieren oder sogar abzusinken. Dieses Ausbelastungskriterium der maximalen Sauerstoffaufnahme wird als „**leveling off**“ bezeichnet und dürfte der Grund für die niedrigere Sauerstoffaufnahme beider Probanden in der letzten Belastungsminute sein.

1992 hat L. F. kurz vor Ende der Belastung mit 5140 ml/min STPD die höchste Sauerstoffaufnahme, konnte seinen Wert von 1991 also noch steigern und befindet sich damit im sehr gut trainierten Bereich.

Die **kardiopulmonale Leistungsfähigkeit** ist ein wichtiger trainierbarer **Teilbereich** der **sportartspezifischen Leistungsfähigkeit**. Zwar spielen im Hockey auch die im Training geübten Komponenten Koordination, Flexibilität und Kraft eine wichtige Rolle, doch ist die Höhe der maximalen Sauerstoffaufnahme und der hiervon über die Wettkampfdauer durchgehaltene Prozentsatz oft für die wettkampfmäßige Leistung von großer Bedeutung. Ein Sportler wird seine technischen Fähigkeiten und seine Kraft nur dann ganz zum Einsatz bringen können, wenn eine gute körperliche und kardiopulmonale Leistungsfähigkeit ihn in die Lage versetzen, diese auch beim Überschreiten der „*anaeroben Schwelle*“ oder in den letzten Minuten eines Spiels in angemessener Weise einzusetzen. Mit ihrer

**durchschnittlichen maximalen Sauerstoffaufnahme** von  $4773 \pm 607 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD } 1991$  bzw.  $4692 \pm 533 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD } 1992$  bringen die Limburger Hockeyspieler gute Voraussetzungen für **erfolgreiche Wettkampfteilnahmen** mit. Ihre sportliche Leistungsfähigkeit stellen sie durch den zweifachen Gewinn der Deutschen Hallenhockeymeisterschaft unter Beweis, bei dem die Ausdauerleistungsfähigkeit des Teams ein nicht unbedeutender Faktor gewesen sein dürfte.

## 7.4.2 Relative Sauerstoffaufnahme

Wie bereits im Kapitel „*Methodik*“ ausführlich dargestellt wird die relative Sauerstoffaufnahme eines Probanden ermittelt, indem man die absolute Sauerstoffaufnahme in Beziehung zum Körpergewicht betrachtet. Sie ist, ebenso wie die maximale Sauerstoffaufnahme, eine aufschlussreiche Funktionsgröße zur Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit von Sportlern und ermöglicht häufig eine exaktere Beurteilung der allgemeinen Leistungsfähigkeit als die absolute Sauerstoffaufnahme. Durch die relative Sauerstoffaufnahme wird ein Vergleich der Ausdauerleistungsfähigkeit von Athleten unterschiedlichen Körpergewichts erreicht. Enge Korrelationen bestehen zwischen ihr und der spezifischen Leistungsfähigkeit in Sportarten mit dynamischer läuferischer Belastungsform und hoher Kraft-Ausdauer-Komponente (NOWACKI 1971, 1977, BADTKE 1986).

Aufgrund der in den Vereinigten Staaten von Amerika vertretenen Ansicht, dass es sich bei der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme um eine biologische Talentgröße handelt, die lediglich zwischen 10 und 15 ml zu steigern ist, sollte sie auch als interessantes Kriterium für die Talentsuche und -förderung dienen (NOWACKI 1974, 1975c).

Die Durchschnittswerte der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme männlicher Normalpersonen sind um 40 ml O<sub>2</sub>/kg STPD angesiedelt. Bei über 40 ml O<sub>2</sub>/kg STPD setzt der trainierte Bereich ein (NOWACKI 1977, MELLEROWICZ, MELLER 1984). HOLLMANN u. Mitarb. (1981) geben 1978 einen Durchschnittswert von 62,0 ml O<sub>2</sub>/kg STPD auf dem Laufband für Fußballspieler an und NOWACKI (1984c) sieht in einer relativen Sauerstoffaufnahme von über 60 ml O<sub>2</sub>/kg STPD den optimalen Bereich für Fußballspieler. Dieser Bereich dürfte auch für die Hockeyspieler gelten. Derselbe Autor nennt die in *Tabelle 25* aufgeführten Beurteilungskriterien für die maximale relative Sauerstoffaufnahme (NOWACKI 1987a, 2005, 2007).

Tab. 25:

*Beurteilungskriterien für die maximale relative Sauerstoffaufnahme ( $VO_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD) von Männern als Kriterium des Trainingszustandes, der Fitness und der integrierten maximalen aeroben/anaeroben Kapazität nach NOWACKI (1987a, 2005, 2007).*

$VO_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ STPD		Männer
3 - 4 ml	=	normale O <sub>2</sub> -Aufnahme bei Körperruhe
5 - 10 ml	=	kombinierte schwere körperliche, kardiorespiratorische und metabolische Insuffizienz
11 - 20 ml	=	pathologisch
21 - 25 ml	=	leistungsschwach (-)
26 - 30 ml	=	leistungsschwach (+)
31 - 35 ml	=	untrainiert (-)
36 - 40 ml	=	untrainiert (+)
41 - 45 ml	=	befriedigend trainiert (-)
46 - 50 ml	=	befriedigend trainiert (+)
51 - 55 ml	=	gut trainiert (-)
56 - 60 ml	=	gut trainiert (+)
61 - 65 ml	=	sehr gut trainiert (-)
66 - 70 ml	=	sehr gut trainiert (+)
71 - 75 ml	=	hochtrainiert
76 - 80 ml	=	Übergangsbereich hochtrainiert / Weltklasse
81 - 92 ml	=	Weltklasse

NOWACKI sowie SALTIN und ÅSTRAND registrierten die bisher höchsten Werte relativer Sauerstoffaufnahme in der Weltliteratur. SALTIN und ÅSTRAND (1967) fanden für den schwedischen Skilangläufer A. Rönnlund (66,5 kg, 177 cm) 85,1 ml O<sub>2</sub>/kg STPD und für den Olympiasieger im 1500-m-Lauf von Mexico-City K. Keino (60 kg, 178 cm) 82,0 ml O<sub>2</sub>/kg STPD. NOWACKI (1977) ermittelte für den vierzigfachen Deutschen Meister im Skilanglauf (15 bis 50 km) W. Demel (66 kg, 168 cm) 1969 beim Sommertraining am Silvretta-Stausee eine relative Sauerstoffaufnahme von gut 90 ml O<sub>2</sub>/kg STPD und der Weltmeister in der Nordischen Kombination, R. Pöhland (71 kg, 177 cm), schaffte 82,2 ml O<sub>2</sub>/kg STPD.

Vergleicht man die **relative Sauerstoffaufnahme** verschiedener Sportarten miteinander, so fällt auf, dass die reinen Ausdauersportler an der Spitze liegen. So erreichen Skilangläufer, die bei der absoluten Sauerstoffaufnahme<sup>64</sup> hinter den Weltklasseruderern liegen, mit

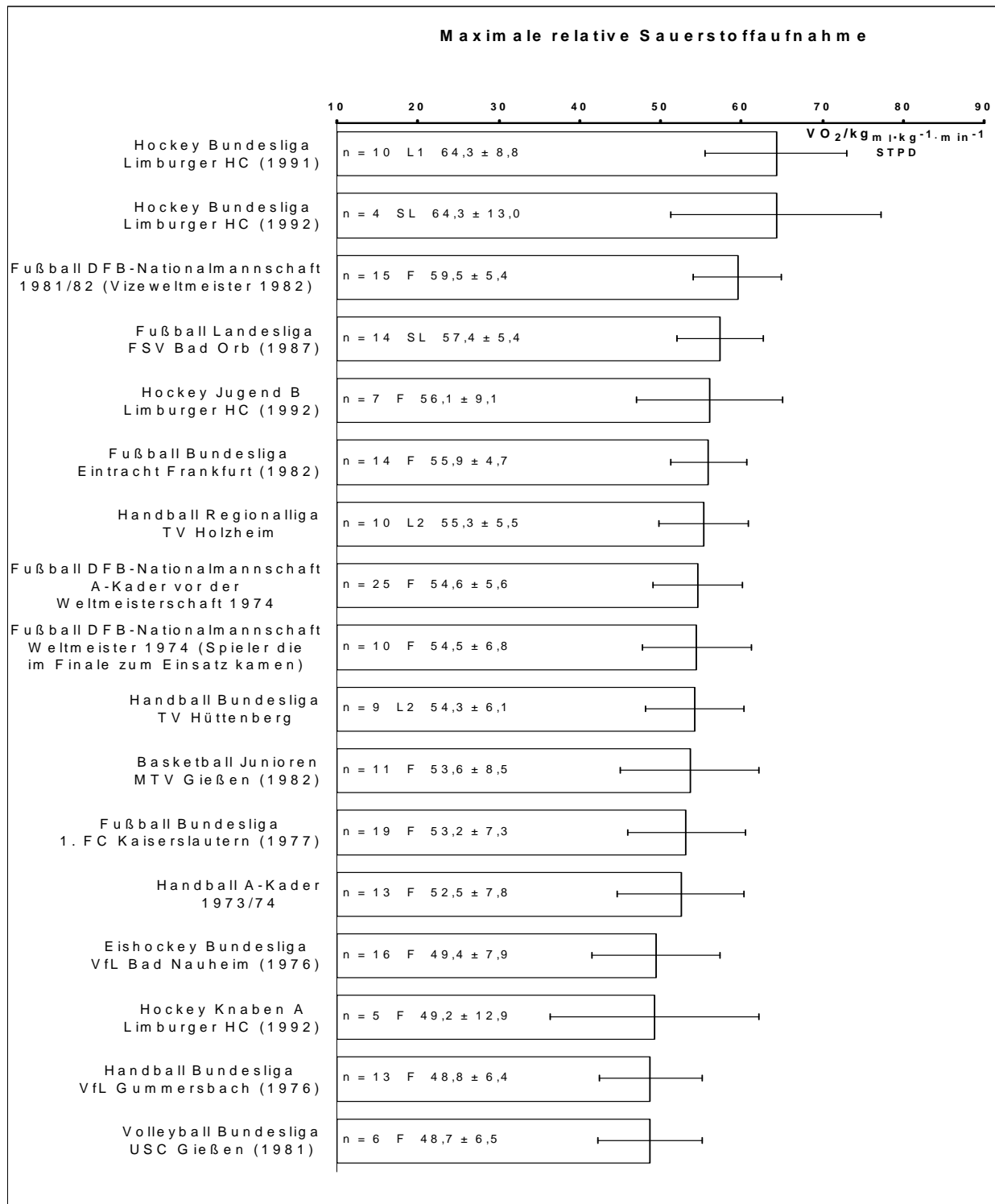
<sup>64</sup> Durchschnittliche maximale absolute Sauerstoffaufnahme: Ratzeburg Achter (1972)  $6696 \pm 453 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD, Deutschland Achter (1970)  $6552 \pm 432 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD, Essen Achter (1972)  $6308 \pm 136 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD und Skilangläufer (1969)  $5564 \pm 803 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD (NOWACKI 1977).

77,4 ± 10,4 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD bei der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme höhere Werte als die Ruderer (Ratzeburg Achter 1972: 70,6 ± 5,1 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD, Deutschland Achter 1970: 70,2 ± 3,7 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD und Essen Achter 1972: 67,1 ± 3,8 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD). Grund hierfür ist das größere Gesamtgewicht der Ruderer. Mit ihrem mittleren **Maximalwert** von **64,3 ± 8,8 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD** reicht die **relative Sauerstoffaufnahme** der **Bundesliga Hockeyspieler 1991** fast an die Eliteruderer heran. Die ein Jahr später nach dem sportartspezifischen Laufbandtest untersuchten Bundesliga-Akteure des LHC erreichen mit **64,3 ± 13,0 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD** den gleichen **Durchschnittsmaximalwert** der **relativen Sauerstoffaufnahme** wie im Vorjahr, lediglich die Standardabweichung ist 1992 etwas größer.

Nach BUDINGER (1979) haben die **Hockeyspieler** des **Olympiakaders** im März **1967** eine mittlere maximale relative Sauerstoffaufnahme von 52,3 ± 4,9 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD und im März **1968** bringt es der in seiner Spielerzusammensetzung veränderte Olympiakader auf 53,8 ± 6,9 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD. Ebenso wie bei der maximalen Sauerstoffaufnahme liegen die Nationalmannschaftsmitglieder von 1967 und 1968 weit hinter den 1991 und 1992 untersuchten Bundesliga- und Nationalspielern zurück. Wie schon im vorhergehenden Kapitel erwähnt, kann dies als Zeichen größerer Dynamik und erhöhten Tempos verbunden mit einer stärkeren Anforderung an die Ausdauerleistungsfähigkeit im modernen Hockey gelten.

Dass schon zu Beginn der 90er Jahre in Deutschland ein sehr modernes und temporeiches Hockey gespielt wird, zeigt sich in einem Vergleich der Limburger Hockeyspieler mit 16 kanadischen **College Hockeyspielern** der Division I aus dem Jahr **2008**. Diese erreichen nach DUROCHER et al. (2008) zum Saisonstart eine **relative Sauerstoffaufnahme** von 48,7 ± 0,8 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD und bringen es am Rundenende bzw. nach der Saison lediglich auf 45,0 ± 1,1 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD. Damit liegen sie deutlich unter den Werten der **Limburger Bundesligaspieler** und erreichen nicht einmal die mittlere **relative Sauerstoffaufnahme** der **Knaben A** des LHC. Dieser Vergleich unterstreicht erneut das hohe Niveau des deutschen Hockey.

Die **Knaben A** schneiden mit ihrer mittleren maximalen relativen Sauerstoffaufnahme von **49,2 ± 12,9 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD** besser ab als bei der absoluten Sauerstoffaufnahme und befinden am oberen Ende des befriedigend trainierten Bereichs der von NOWACKI (1987a) aufgestellten Beurteilungstabelle. Dennoch ist auch hier bei ihrer Einordnung sowohl die Alters- und Entwicklungsstruktur sowie das Untersuchungsverfahren zu berücksichtigen. Wie schon diskutiert, werden nach NOWACKI u. Mitarb. (1980b) bei der Fahrradspiroergometrie um 5 bis 10 Prozent niedrigere Sauerstoffwerte erreicht als bei einer erschöpfenden Laufbandspiroergometrie (siehe auch *Kapitel 7.4.1*). Gleiches gilt auch für die **männliche Jugend B**, die mit ihrer durchschnittlichen maximalen relativen Sauerstoffaufnahme von **56,1 ± 9,1 ml \* kg<sup>-1</sup> \* min<sup>-1</sup> STPD** im gut trainierten Abschnitt der Beurteilungstabelle liegt.



- F = Fahrradergometrie 1 Watt/kg KG-Methode
- L1 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 12 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 3 %)
- L2 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 9 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 4 %)
- SL = Sportartspezifische Laufbandergometrie

**Abb. 94:**

*Vergleichende Betrachtung der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme ( $VO_2/kg \text{ max. ml} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} \text{ STPD}$ ) von Mannschaften verschiedener Ballspielsportarten bei erschöpfender Fahrrad- und Laufbandspiroergometrie.*



Im Bereich der zum **Vergleich** herangezogenen **Ballspielsportarten** (Abb. 94) liegen die Limburger Bundesliga-Sportler an der Spitze vor der **Fußball-Nationalmannschaft** von **1981/82**, die einen Mittelwert von  $59,5 \pm 5,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  erreicht. Damit befinden sich die **Hockeyspieler** als einzige Gruppe der zum Vergleich angeführten Ballsportarten im **sehr gut trainierten Bereich** der von NOWACKI (1987a) angeführten Beurteilungstabelle für die maximale relative Sauerstoffaufnahme.

Doch ebenso wie bereits oben und im vorhergehenden Kapitel erwähnt bleibt zu berücksichtigen, dass während der erschöpfenden Laufbandspiroergometrien die maximale Sauerstoffaufnahme um 5 bis 10 Prozent höher bestimmt wird als bei einer Untersuchung auf dem Fahrradergometer (NOWACKI u. Mitarb. 1980b). Dies wirkt sich dann auch auf die maximale relative Sauerstoffaufnahme aus. Zieht man daher aus der *Abbildung 94* nur die auf dem Laufband getesteten Vergleichsgruppen heran, so zeigt es sich, dass die Hockeyspieler deutlich höhere Werte als die anderen Mannschaften erreichen. Relativ hoch in der Vergleichsdarstellung rangiert der Fußball-Landesligist FSV Bad Orb mit  $57,4 \pm 5,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Nach der ersten Untersuchung 1991 äußerte ich die Vermutung, dass das auf Fußballspieler abgestimmte sportartspezifische Belastungsverfahren die Ursache für die hohen Werte sein könnte. Da die Zahl der nach dem neuartigen Verfahren untersuchten Probanden noch zu gering ist, um signifikante Aussagen darüber zu machen, musste die Frage, *ob generell bei dem sportartspezifischen Laufbandtest höhere Werte der maximalen Sauerstoffaufnahme erreicht werden und damit auch eine größere relative Sauerstoffaufnahme als bei der Belastung nach der 1 Watt/kg KG-Methode*, damals wie heute offen bleiben. Es zeigt sich jedoch, dass die 1992 nach dem sportartspezifischen Belastungsverfahren untersuchten Bundesliga-Hockeyspieler des LHC keine höheren Werte im Bereich der maximalen absoluten und relativen Sauerstoffaufnahme erreichen, als bei der Laufbanduntersuchung nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Dieses Ergebnis spricht gegen die Vermutung, dass durch den sportartspezifischen Laufbandtest höhere Werte der maximalen und relativen Sauerstoffaufnahme erreicht werden. Wie zuvor dargestellt, mangelt es jedoch noch an Vergleichsuntersuchungen, um hierüber signifikante Aussagen machen zu können. Dies wäre ein Punkt, an dem man im Anschluss an diese Arbeit verstärkt weiterforschen könnte.

Die ebenfalls nach dem 1 Watt/kg KG Verfahren auf dem Laufband getesteten Handballspieler erreichen nicht die Leistung der Bundesliga-Hockeyspieler. Auch die B-Jugend-Hockeyspieler sind im oberen Drittel der Tabelle zu finden und liegen mit ihrer durchschnittlichen maximalen relativen Sauerstoffaufnahme von  $56,1 \pm 9,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  noch über dem ebenfalls auf dem Fahrradergometer untersuchten Bundesligateam von Eintracht Frankfurt ( $55,9 \pm 4,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ). Wesentlich weiter unten rangieren dagegen die Knaben A ( $49,2 \pm 12,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ), doch auch sie erreichen noch bessere Werte als der 1976 untersuchte Handball Bundesligist VfL Gummersbach ( $48,8 \pm 6,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) und der 1981 getestete Volleyball Bundesligist USC Gießen ( $48,7 \pm 6,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ).

Obwohl keiner der Limburger Hockeyspieler 1991 unter dem gut trainierten Bereich zu finden ist (W. B. hat mit 54,71 ml O<sub>2</sub>/kg den niedrigsten maximalen Einzelwert), liegt die große maximale relative Sauerstoffaufnahme der Gruppe auch in den hohen Einzelergebnissen einiger Probanden begründet. Dies kommt auch in der großen Standardabweichung zum Ausdruck. Vier Probanden befinden sich im gut trainierten Bereich (einer davon an der Grenze zwischen gut und sehr gut trainiert), vier sind sehr gut trainiert und zwei (Nationalspieler S. S. mit 77,34 ml O<sub>2</sub>/kg sowie L. F.) dringen in den Bereich des Hochleistungszustandes vor. Damit befindet sich L. F. (63,5 kg, 176 cm), der als einziger eine Steigung von 15 % zwei Minuten bewältigte, mit einer maximalen relativen Sauerstoffaufnahme von 80,2 ml O<sub>2</sub>/kg, die er in der vorletzten Belastungsminute erreicht, 1991 an der Grenze zum Weltklassebereich. Demgegenüber rangiert er mit einer maximalen Sauerstoffaufnahme von 5091 ml/min STPD nur auf Platz vier unter den Hockeyspielern.

Umgekehrt verhält es sich mit O. H. (87,3 kg, 186,5 cm), der 1991 am zweitlängsten belastet werden konnte. Er hat mit 5754 ml/min STPD die höchste maximale Sauerstoffaufnahme der Hockeyspieler. Doch mit seiner relativen Sauerstoffaufnahme von 65,91 ml O<sub>2</sub>/kg rangiert er hier lediglich an vierter Stelle der zehn Probanden.

Auch 1992 befindet sich keiner der Limburger Bundesliga-Hockeyspieler unter dem gut trainierten Bereich. Erneut ist die hohe maximale relative Sauerstoffaufnahme einiger Probanden eine Ursache für das gute Gesamtergebnis der Gruppe. Hieraus resultiert auch die diesmal noch größere Standardabweichung. Mit einer maximalen relativen Sauerstoffaufnahme von 67,1 ml O<sub>2</sub>/kg befindet sich P. K. (71,0 kg, 180,0 cm), dessen maximale absolute Sauerstoffaufnahme 4761 ml beträgt (gut trainierter Bereich), hier in einer sehr gut trainierten Situation. Dies bestätigte sich durch seine konditionellen Vorteile im Training und Wettkampf.

L. F. (63,0 kg, 176 cm; Größe und Gewicht entsprechen fast exakt den Werten von 1991), der 1992 als einziger die neu geschaffene Belastungsstufe des sportartspezifischen Leistungstests erreicht, dringt mit 81,6 ml O<sub>2</sub>/kg, die für ihn in der letzten Belastungsminute registriert sind, in den *Weltklassebereich* der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme ein. Damit überschreitet er noch seinen Wert aus der Vorjahresuntersuchung (80,2 ml O<sub>2</sub>/kg). Obwohl der Proband auch im Bereich der maximalen Sauerstoffaufnahme mit 5140 ml/min STPD seinen Wert von 1991 (5091 ml/min STPD) überschreitet und die höchste Sauerstoffaufnahme aller Hockeyspieler hat, ist er nach der Bewertungstabelle hier „nur“ in der sehr gut trainierten sportmedizinischen Klassifizierung einzuordnen.

### 7.4.3 Sauerstoffpuls

Der **Sauerstoffpuls** (O<sub>2</sub>/Hf ml \* min<sup>-1</sup> STPD) ist ein weiterer entscheidender Parameter zur **Beurteilung** der **körperlichen** und **kardiorespiratorischen Leistung**, der eine Klassifizierung von der pathologisch eingeschränkten Belastbarkeit, über

Leistungsschwache, normal gesunde Untrainierte sowie verschieden hoch Trainierte bis hin zum Hochleistungstrainingszustand erlaubt (ÅSTRAND 1952, REINDELL u. Mitarb. 1967, ISRAEL 1968, NOWACKI 1973, 1977, NÖCKER 1980, SCHÖLL 1995).

Unter dem 1948 von ÅSTRAND geprägten Begriff „*Sauerstoffpuls*“ wird die während einer ganzen Herzaktion (Systole und Diastole) aufgenommene Sauerstoffmenge verstanden (ÅSTRAND 1952, NOWACKI 1977). Die Kreislaufleistungsfähigkeit ist um so größer, je höher dieser Wert ist (HOLLMANN 1975, NOWACKI 1977). Doch erst durch die umfangreichen Untersuchungen REINDELLs und seiner Mitarbeiter wurde der Sauerstoffpuls zu einer wichtigen physiologischen Kennziffer für die Beurteilung der sportmedizinischen Leistungsfähigkeit (REINDELL u. Mitarb. 1960a, 1960c, 1967, NOWACKI 1977, MELLEROWICZ 1979).

Primär ist der Sauerstoffpuls von der Herzschlagfrequenz und der Sauerstoffaufnahme abhängig. Indirekt stellt er einen Summenparameter für die Größe des Schlagvolumens, der Sauerstoffbindungskapazität des Blutes und der Sauerstoff-Utilisation an der Peripherie dar (BADTKE 1986).

Der Sauerstoffpuls ist der Maßstab zur Beurteilung von Leistungsfähigkeit und Arbeitsökonomie des Kreislaufs. Durch die miteinander im Verhältnis stehenden Parameter der Sauerstoffaufnahme und der Herzschlagfrequenz ermöglicht er Aussagen über die kardiale, pulmonale und körperliche Leistungsfähigkeit. Die Größe des Sauerstoffpulses wird durch die Höhe des Schlagvolumens sowie durch den Gesamthämoglobingehalt und die arterio-venöse Differenz des Sauerstoffs, d. h. durch die Ausnutzung des Sauerstoffs in der Peripherie, bestimmt. Er gilt als das Kriterium für die Kreislaufökonomie und sein Verhalten erlaubt nicht nur Rückschlüsse auf die Leistungsbreite des Kreislaufs, sondern informiert auch über die Ökonomie der Herztätigkeit (NOWACKI 1977, ISRAEL 1979, NÖCKER 1980).

Nach REINDELL u. Mitarb. (1967), ÅSTRAND, RODAHL (1978) sowie NÖCKER (1980) ist der maximale Sauerstoffpuls unter Belastung als eine Messgröße zu sehen, die vor allem vom Schlagvolumen des Herzens bestimmt wird. Bei steigender Beanspruchung kommt es zu einer Schlagvolumenvermehrung des regulativ erweiterten Leistungsherzens, wobei eine enge statistisch zu sichernde Korrelation zur Herzgröße besteht. „*Je größer das Herz, um so größer der Sauerstoffpuls*“, schreibt NÖCKER (1980), ohne aber zu vergessen darauf hinzuweisen, dass es sich um ein gesundes Herz handeln muss.

Meist fällt der maximale Sauerstoffpuls mit der maximalen Sauerstoffaufnahme zusammen, doch in Einzelfällen kann er auch schon vorher erreicht werden, wenn die Herzschlagfrequenz auch noch relativ niedrig ist (NOWACKI 1977).

Aus der Art des Verhaltens des Sauerstoffpulses lässt sich – ohne aufwendige Herzvolumenbestimmung – ein objektiver Rückschluss auf die Anpassungsfähigkeit des Herzens ziehen. So kann man daraus entnehmen, ob das Herz fähig ist, die Steigerungen des Minutenvolumens vorwiegend durch ökonomische Schlagvolumenvermehrung oder in erster

Linie durch die unökonomische Frequenzsteigerung zu erreichen (NÖCKER 1980, MEDAU, NOWACKI, AVENHAUS 1988).

Bis zu einer Herzschlagfrequenz von 120 bis 150 Schlägen/min wird laut REINDELL der Anstieg des Sauerstoffpulses unter Belastung durch eine Zunahme des Herzschlagvolumens und eine Erhöhung der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz bedingt. Die Steigerung des Sauerstoffpulses bei einem weiteren Frequenzanstieg wird allein durch die Zunahme der arterio-venösen Differenz erreicht (REINDELL u. Mitarb. 1960b, 1967, NOWACKI 1977). Anders sieht es hingegen NOWACKI (1977), für den die Erhöhung des Sauerstoffpulses eine integrale Funktion aller Faktoren ist, die im „*vita-maxima*“-Bereich die Höhe der Sauerstoffaufnahme bestimmen.

ISRAEL (1977), MELLEROWICZ (1979) und NÖCKER (1980) ermittelten die größtmöglichen Sauerstoffpulswerte bei Belastungen, die im maximalen *steady state* durchgeführt wurden. Anders NOWACKI (1977), der maximale Sauerstoffpulswerte bei Spitzenrunderern unter „*vita-maxima*“-Bedingungen registrierte.

Der Grenzbereich der Ausbelastung ist nach KÖNIG u. Mitarb. (1938) erreicht, wenn der Sauerstoffpuls auf höheren Leistungsstufen sich nicht mehr vergrößert.

Durch gezieltes **Ausdauertraining** lässt sich der Sauerstoffpuls erheblich steigern. Ausdauertrainierte Spitzensportler sind in der Lage, ihre maximale Sauerstoffaufnahme um mehr als das Doppelte gegenüber gesunden untrainierten Normalpersonen zu vergrößern (NÖCKER 1980). Nach ISRAEL (1977) verfügen die leistungsfähigsten Sportler mit großer Regelmäßigkeit über den höchsten Sauerstoffpuls.

In Ruhe haben männliche Trainierte und Untrainierte einen Sauerstoffpuls von  $5 \pm 1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Frauen haben einen Ruhe-Sauerstoffpuls von ca. 3,5 bis 4 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD, bleiben aber auch bei Belastung deutlich unter den Werten der Männer. Für Sportmediziner und Trainer ist der maximale Sauerstoffpuls von besonderer Bedeutung. Bei untrainierten männlichen Personen liegt er bei 12 bis 16 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD (NOWACKI 1977). HOLLMANN (1975) gibt 16 bis 17 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD für untrainierte Männer an, 20 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD sind für durchschnittlich trainierte Sportler erreichbar und bei ausdauertrainierten Spitzensportlern sind sogar Werte über 30 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD möglich. NOWACKI (1977) fand extrem hohe Werte von 30 bis 40 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD bei Spitzenrunderern.

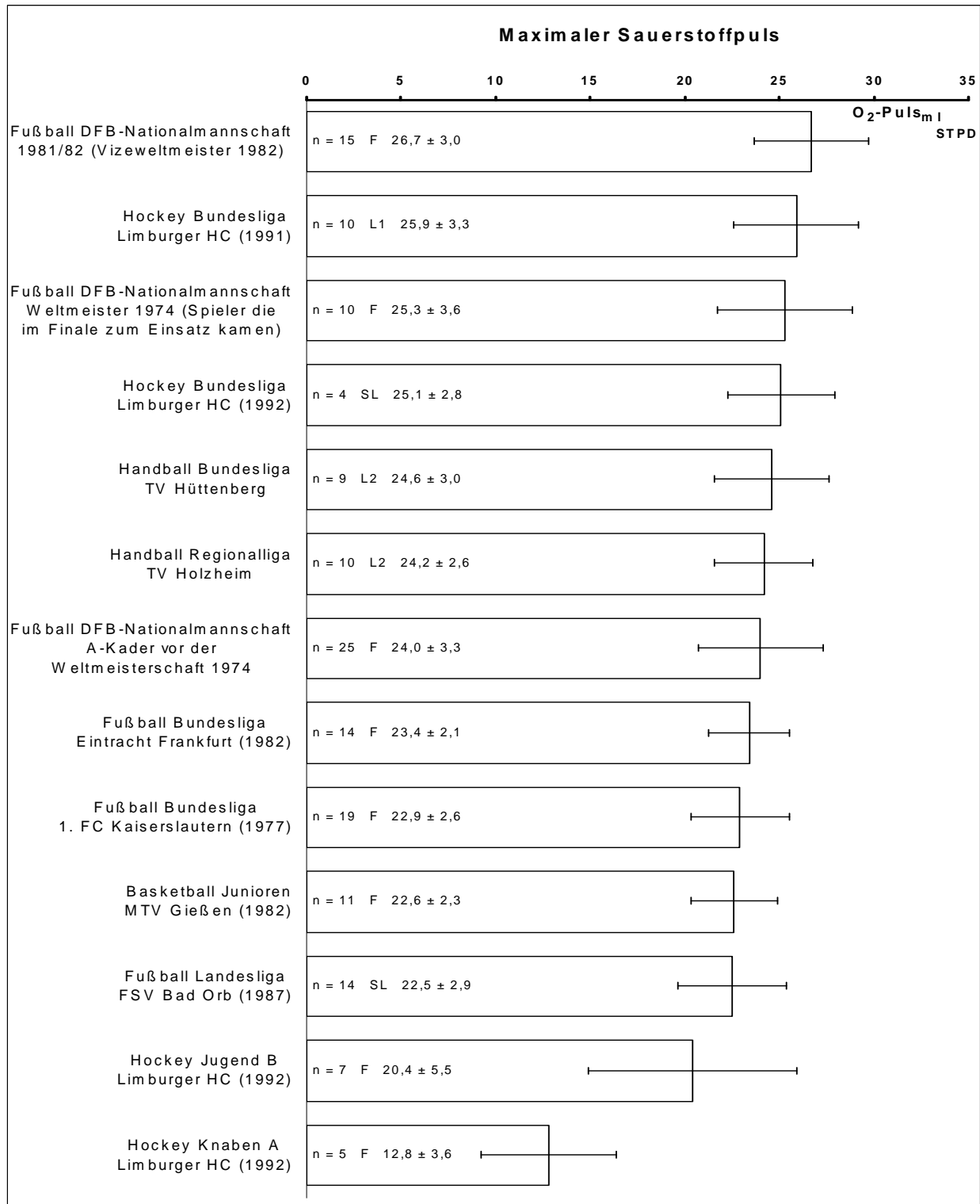
Mit einem mittleren Ruhesauerstoffpuls von  $3,6 \pm 1,24 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  liegen die Hockeyspieler des Limburger HC 1991 unter dem in der Literatur angegebenen Wert von  $5 \pm 1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (NOWACKI 1977). Dies ist auf die hohe Herzschlagfrequenz, die sich aufgrund der „Vorstartnervosität“ einstellte, zurückzuführen. Während der erschöpfenden Laufbandbelastung klettert der Sauerstoffpuls bis auf einen durchschnittlichen Höchstwert von  $25,9 \pm 3,3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Demgegenüber entspricht der durchschnittliche Ruhesauerstoffpuls der Limburger Bundesligisten 1992 mit  $5,3 \pm 1,0 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  dem in der Literatur angegebenen Wert von  $5 \pm 1,0 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  (NOWACKI 1977). Durch die erschöpfende Laufbandbelastung wird ein mittlerer maximaler Sauerstoffpuls von

25,1 ± 2,8 ml \* min<sup>-1</sup> STPD erreicht, der damit knapp unter dem durchschnittlichen Höchstwert von 1991 (25,9 ± 3,3 ml \* min<sup>-1</sup> STPD) liegt.

Damit erreichen die Bundesliga-Hockeyspieler 1991 und 1992 zwar nicht die Werte von Spitzenruderern, wie dem Adam-Achter von 1972 mit 37,2 ± 3,0 ml \* min<sup>-1</sup> STPD oder dem Achter, der 1970 nach einem Höhenttraining 35,4 ± 2,3 ml \* min<sup>-1</sup> STPD schaffte, doch befinden sie sich weit im trainierten Bereich. Der hohe Sauerstoffpuls der Hockeyspieler weist auf ein vergrößertes Herz- und Schlagvolumen als eine Folge des jahrelangen Leistungstrainings hin (REINDELL u. Mitarb. 1967). REINDELL u. Mitarb. (1957) ermittelten für Berufsradrennfahrer Sauerstoffpulswerte von 29 bis 31 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD und HOLLMANN (1961) nennt 29,6 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD für einen Berufsstraßenradrennfahrer sowie 26,2 ml O<sub>2</sub>/Hf STPD für den deutschen ehemaligen 800-Meter-Rekordläufer P. Schmidt. An diesen reichen die Mittelwerte der Spieler fast heran. Einigen Hockeyspielern gelingt es sogar, den bzw. die letztgenannten Wert(e) zu übertreffen. Dies spricht einerseits für den guten Trainingzustand der Limburger Hockeyspieler, andererseits ist es aber auch ein Zeichen dafür, dass sich die durchschnittliche körperliche Leistungsfähigkeit der Sportler im Laufe der Jahre ständig weiterentwickelt hat.

Zieht man die Daten verschiedener Ballsportarten (*vgl. Abbildung 95*) zum Vergleich heran, so zeigt es sich, dass die Hockeyspieler 1991 unter den aufgeführten Vergleichsgruppen an zweiter Stelle hinter der Fußball-Nationalmannschaft von 1981/82 zu finden sind, die einen maximalen Sauerstoffpuls von 26,7 ± 3,0 ml \* min<sup>-1</sup> STPD erreicht. Etwa auf gleichem Niveau wie die Hockey-Bundesligaakteure befinden sich zehn der Spieler aus der Fußball-Weltmeisterschaftself von 1974, die mit ihrem mittleren maximalen Sauerstoffpuls von 25,9 ± 3,3 ml \* min<sup>-1</sup> STPD zwischen den 1991 und 1992 untersuchten Spielern des LHC liegen, wobei der Abstand zwischen diesen drei Probandengruppen sehr gering ist. Einen niedrigeren Durchschnittswert hat dagegen der aus 25 Spielern bestehende Kader vor der Fußball-WM 1974 mit 24,0 ± 3,3 ml \* min<sup>-1</sup> STPD. Ganz unten sind die nach dem sportart-spezifischen Laufbandverfahren getesteten Landesliga-Fußballer des FSV Bad Orb mit 22,5 ± 2,9 ml \* min<sup>-1</sup> STPD zu finden.

Die im März 1967 und März 1968 untersuchten Hockeyspieler des Olympiakaders (nach BUDINGER 1979) bleiben mit einem durchschnittlichen maximalen Sauerstoffpuls von 19,9 ± 2,2 ml \* min<sup>-1</sup> STPD (1967) und 21,3 ± 2,6 ml \* min<sup>-1</sup> STPD (1968) weit hinter den Limburger Bundesligaspielern zurück. Auch hier zeigt sich die Entwicklung des modernen Hockey hin zu mehr Dynamik und höheren Anforderungen an die konditionelle Leistungsfähigkeit, wie dies auch aktuell 2008 durch den Olympiasieg der deutschen Hockey-Nationalmannschaft in der Volksrepublik China verdeutlicht wurde.



- F = Fahrradergometrie 1 Watt/kg KG-Methode
- L 1 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 12 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 3 %)
- L 2 = Laufbandergometrie 1 Watt/kg KG-Methode (konstante Laufbandgeschwindigkeit 9 km/h, Erhöhung der Steigung alle zwei Minuten um 4 %)
- S L = Sportartspezifische Laufbandergometrie

**Abb. 95:**

*Vergleich des durchschnittlichen maximalen Sauerstoffpuls ( $O_2/Hf_{max}$  ml \* min<sup>-1</sup> STPD) von Mannschaften verschiedener Ballspielsportarten nach erschöpfender Fahrrad- und Laufband-spiroergometrie.*

Deutlich niedriger als bei den erwachsenen Probanden ist der maximale Sauerstoffpuls der Knaben A und B-Jugend des LHC, wobei es zwischen diesen beiden Gruppen auch noch zu einer erheblichen Differenz kommt. Ausgehend von  $4,1 \pm 2,4 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  als mittlerem Ruhewert steigt der durchschnittliche Sauerstoffpuls der männlichen B-Jugend des LHC bis auf ein Maximum von  $20,4 \pm 5,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ . Die Knaben A haben einen mittleren Ruhesauerstoffpuls von  $2,5 \pm 1,8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ , der bis auf einen durchschnittlichen Maximalwert von  $12,8 \pm 3,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  ansteigt. Damit liegen die Nachwuchshockeyspieler am unteren Ende der Vergleichsgruppen. Bei der Leistungseinschätzung ist aber auch hier wieder die Alters- und Entwicklungsstruktur der Probanden zu berücksichtigen. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass die in ihrer Entwicklung weiter fortgeschrittenen Jugendlichen deutlich höhere Werte erreichen als die jüngeren Knaben. Die B-Jugendsspieler liegen mit ihrem mittleren Maximum sogar noch über den im März 1967 untersuchten Hockeyspielern des Olympiakaders, für die ein durchschnittlicher maximaler Sauerstoffpuls von  $19,9 \pm 2,2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  registriert wurde (nach BUDINGER 1979).

Von den 1991 untersuchten Hockeyspielern überschreitet einer die  $30 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  Marke. O. H. erreicht eine halbe Minute vor Belastungsabbruch mit  $31,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  den höchsten Sauerstoffpuls. L. F. liegt mit einem Maximalwert von  $26,5 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ , auf den er in der drittletzten Minute kommt, deutlich hinter seinem Teamgefährten, aber über dem durchschnittlichen Maximum der Gruppe. Der höhere Sauerstoffpuls von O. H. ergibt sich in erster Linie durch die größere maximale Sauerstoffaufnahme des Probanden gegenüber L. F., während die Zahl der Herzschläge beider Testpersonen fast identisch ist. In der Minute seines höchsten Sauerstoffpulses hat O. H. eine absolute Sauerstoffaufnahme von  $5754 \text{ ml/min STPD}$  und eine Herzfrequenz von  $182 \text{ Schlägen/min}$ . Bei einer Herzfrequenz von  $183 \text{ Schlägen/min}$  hat L. F. eine deutlich niedrigere Sauerstoffaufnahme ( $4845 \text{ ml/min STPD}$  in der Minute seines höchsten  $\text{O}_2$ -Pulses) als sein Teamgefährte. Dies dürfte teilweise auf die anthropometrischen Daten zurückzuführen sein. Der Altersunterschied (L. F. = 17,7 Jahre und O. H. = 23 Jahre) und der unterschiedliche Körperbau (L. F. =  $63,5 \text{ kg}$  und  $176,0 \text{ cm}$ ; O. H. =  $87,3 \text{ kg}$  und  $186,5 \text{ cm}$ ) wirken sich aus.

Vier weitere Spieler überschreiten 1991 den mittleren Maximalwert der Probandengruppe (U. R. =  $28,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ , S. S. =  $28,2 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ , M. K. =  $26,9 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  und G. M. =  $26,1 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ ). Sie befinden sich damit im Bereich des oben erwähnten deutschen ehemaligen 800-Meter-Rekordläufers P. Schmidt oder übertreffen diesen sogar.

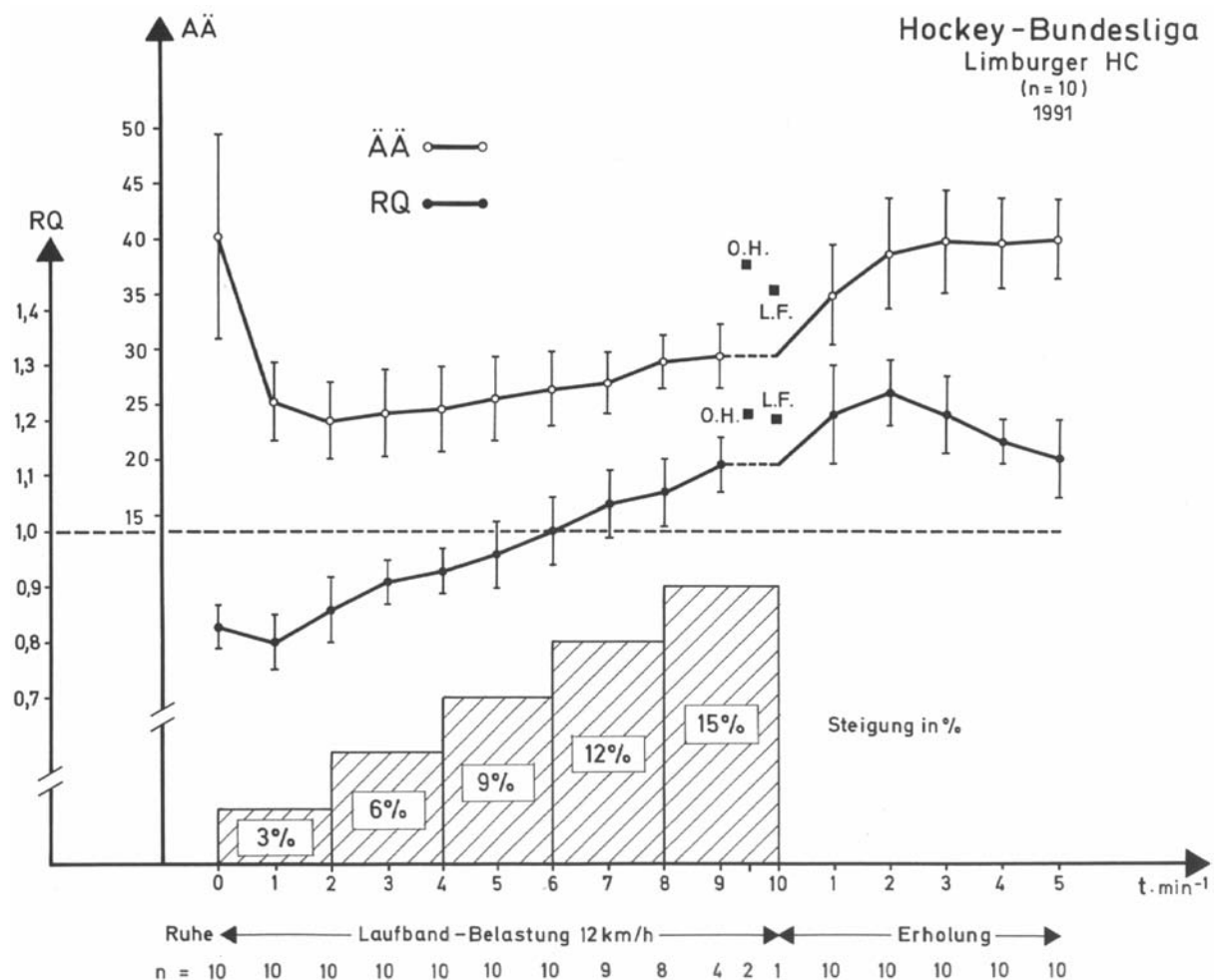
1992 gelingt es keinem der Probanden einen maximalen Sauerstoffpuls über  $30 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  zu erreichen. O. H., für den mit  $31,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  1991 der höchste Sauerstoffpuls aller Hockeyspieler registriert wurde, bleibt 1992 mit  $27,4 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  deutlich unter dem Vorjahreswert. Dennoch hat er auch in diesem Jahr den höchsten maximalen Sauerstoffpuls aller Hockeyspieler. L. F., der 1992 mit  $6,6 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  den höchsten Ruhewert der Bundesligaakteure aufweist, hat seinen größten Sauerstoffpuls ( $26,9 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ ) diesmal kurz vor dem Belastungsende und überschreitet seinen Maximalwert aus der Vorjahresuntersuchung ( $26,5 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$ ). Damit liegt er erneut über dem durchschnittlichen Maximum der Probandengruppe. In der Minute seines höchsten

Sauerstoffpuls beträgt die absolute Sauerstoffaufnahme von L. F. 5140 ml/min STPD, liegt also deutlich über dem Wert des Vorjahres (4845 ml/min STPD), und auch die Herzfrequenz ist mit 191 Schlägen/min höher als 1991 (183 Schläge/min). Dies unterstreicht seinen guten Trainingszustand.

## 7.5 Kardiorespiratorische Quotienten

In den *Abbildungen 96 bis 99* sind im Rahmen der Diskussion jeweils die Verlaufskurven des *Atemäquivalents (ÄÄ)* und des *Respiratorischen Quotienten (VRQ)* der vier Probandengruppen aus dem Hockeybereich zur grafischen Verdeutlichung der Ergebnisanalyse vergleichend gegenübergestellt.

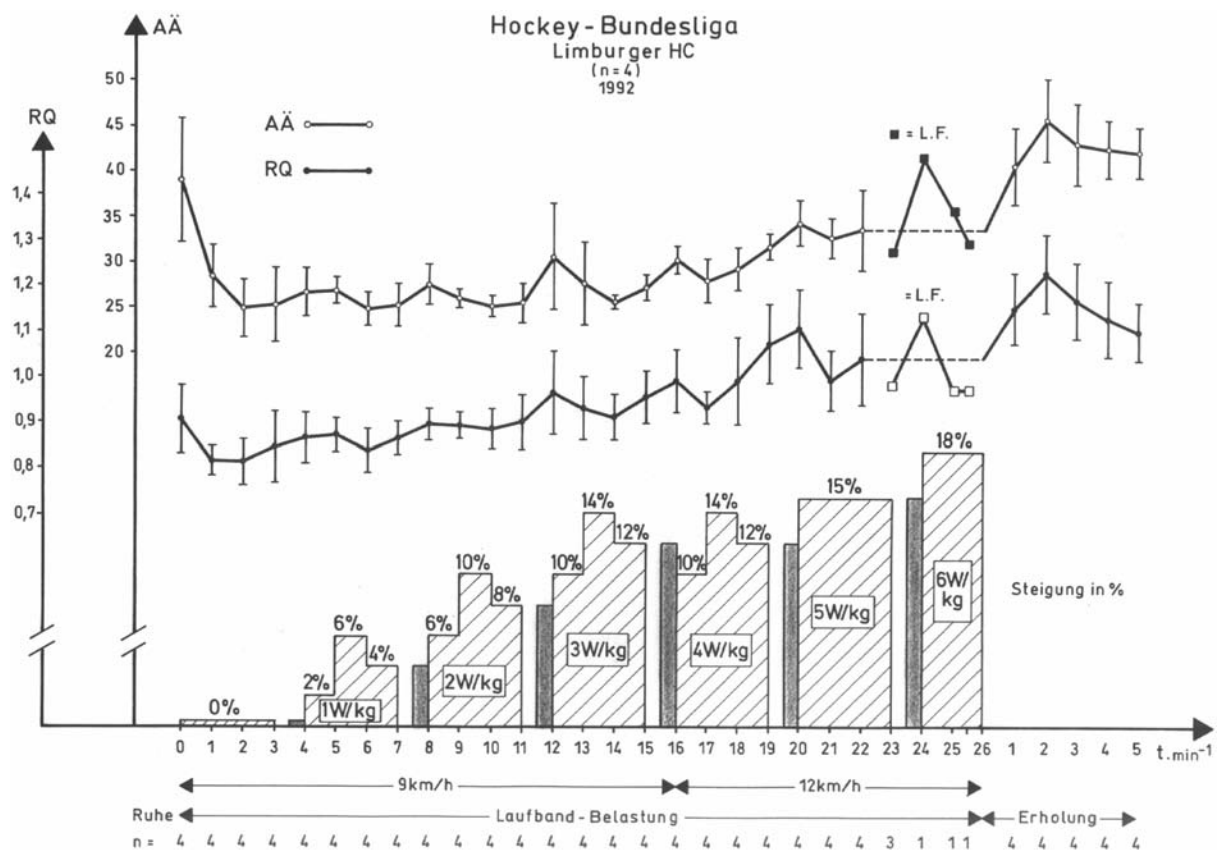
Die folgenden *Abbildungen 96 und 97* stellen die **Mittelwertkurven** des *Atemäquivalents* und des *Respiratorischen Quotienten* von **Bundesliga-Hockeyspielern des Limburger HC 1991 und 1992** in Ruhe, während und nach erschöpfender **spiroergometrischer Belastung** auf dem **Laufband** gegenüber.



**Abb. 96:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemäquivalents (ÄÄ) und des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von Bundesliga-Hockeyspielern 1991 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg Körpergewicht Methode.*





**Abb. 97:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemäquivalents (AÄ) und des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von Bundesliga-Hockeyspielern 1992 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach dem sportartspezifischen Laufbandtest.*

Nachfolgend sind in den Abbildungen 98 und 99 die **Durchschnittswerte** des **Atemäquivalents** und des **Respiratorischen Quotienten** der **Knaben A** und **B-Jugend** des **Limburger HC** vor, während und nach erschöpfender **spiroergometrischer Belastung** auf dem **Fahrrad** gegenübergestellt.

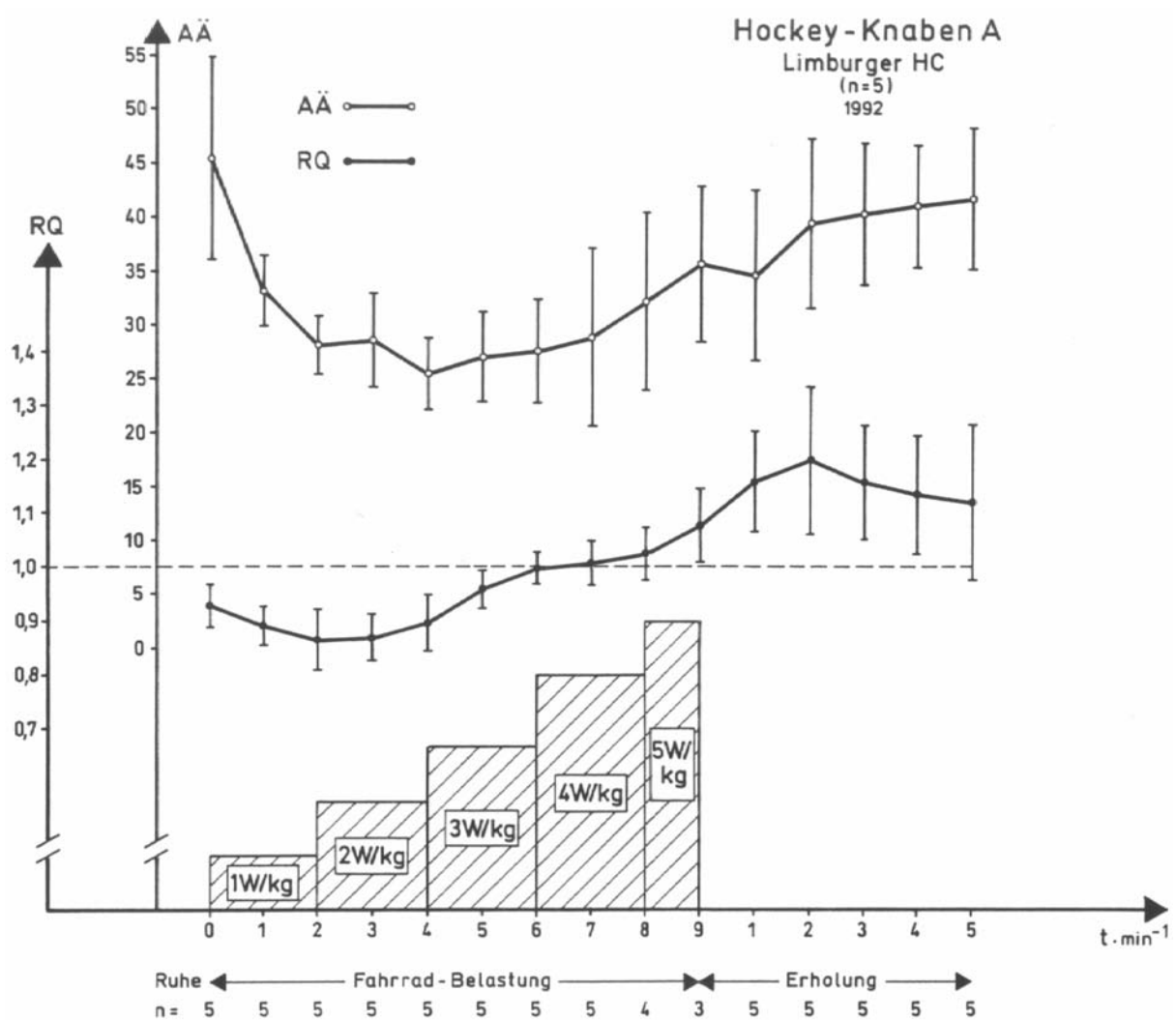
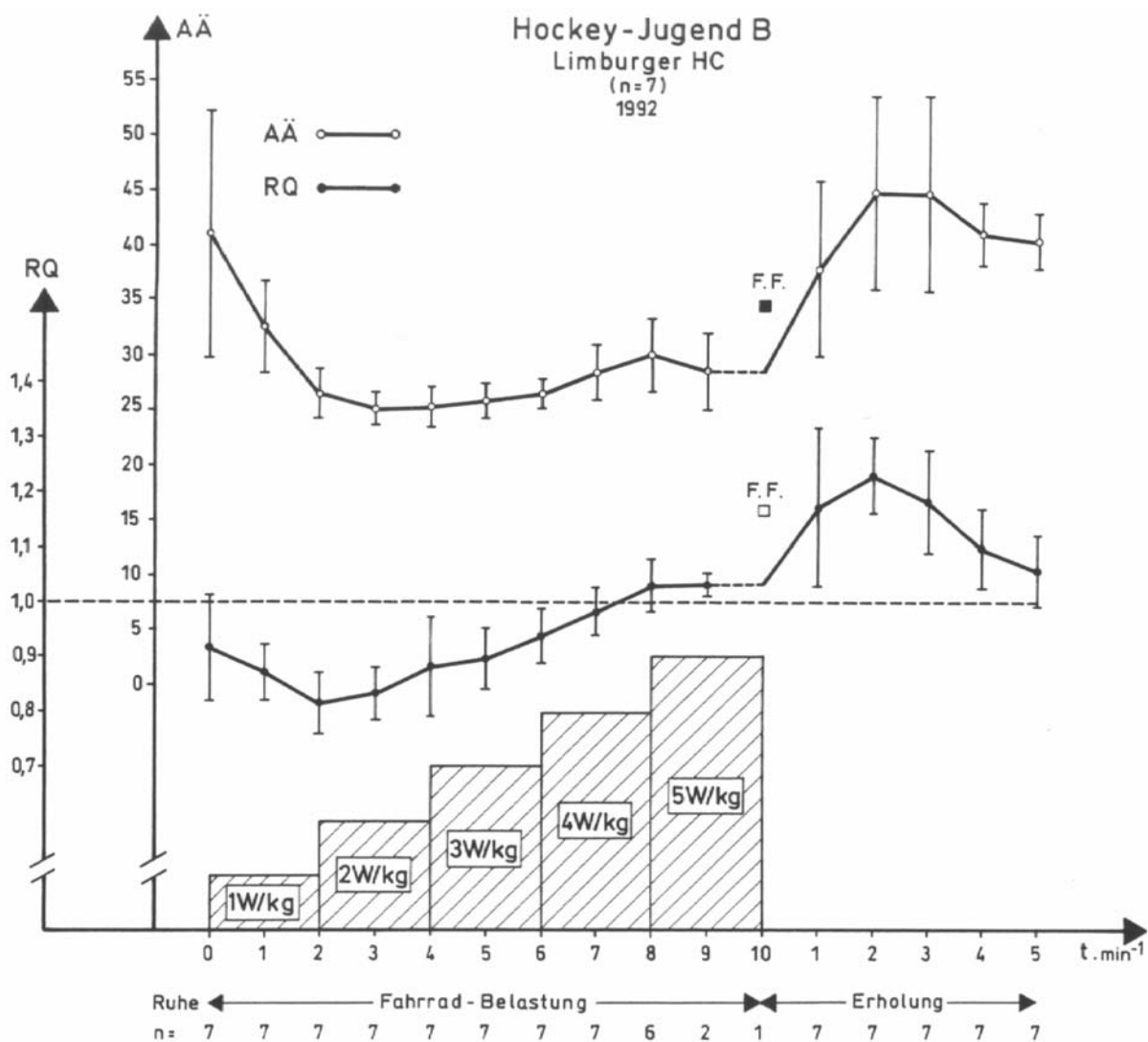


Abb. 98:

Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemäquivalents (AÄ) und des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von Hockeyspielern (Knaben A) 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg Körpergewicht Methode.



**Abb. 99:**

*Vergleichende Darstellung der Mittelwerte des Atemäquivalents (AÄ) und des Respiratorischen Quotienten (VRQ) von B-Jugend Hockeyspielern 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg Körpergewicht Methode.*

## 7.5.1 Atemäquivalent

Das Verhalten des Atemäquivalents der Probanden unter ergometrischen Leistungsbedingungen ist von großem Interesse, da es ebenfalls Rückschlüsse auf die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit eines Menschen zulässt. Es dient als Kriterium zur Beurteilung der Belastungssituation eines Sportlers während der spiroergometrischen Untersuchung.

Bei der Beurteilung der Größe des Atemäquivalents ist dessen Abhängigkeit von konstitutionellen Faktoren, besonders Alter, Geschlecht, Beschaffenheit des Atemapparates, die Ventilationsökonomie (NOWACKI 1979) sowie der Trainingszustand zu beachten.

Während bei submaximaler Leistung im Bereich der Sauerstoffaufnahme kaum signifikante Unterschiede zwischen Trainierten, Untrainierten und Herz-Lungenkranken gefunden werden, zeigt das Atemäquivalent im Bereich submaximaler Belastung bereits klare Unterschiede zwischen den genannten Gruppen. In vergleichbaren submaximalen Belastungsstufen haben Trainierte niedrigere Atemäquivalentwerte als Untrainierte. Darin zeigt sich die bessere Ventilationsökonomie der Sportler. Das Atemäquivalent lässt sich also durch Training beeinflussen. Nach Untersuchungen von HOLLMANN sowie von KIRCHOFF, REINDELL u. Mitarb. (1956a, 1956b) kann das Atemäquivalent bei Leistungssportlern auf gleicher Belastungsstufe einen Wert von 20 und weniger erreichen. Die Atmung wird um so ökonomischer, je besser der Trainingszustand ist (NOWACKI 1977, NÖCKER 1980).

Wie bereits in *Kapitel 5.3.8* dargelegt, ist bei einer Überschreitung des  $\dot{V}_{A\ddot{A}}$ -Wertes 30 der Grenzbereich der maximalen Leistungsfähigkeit erreicht. Das AMV sowie die maximale Sauerstoffaufnahme sind dann unter Leistungsumsatzbedingungen an ihrer individuellen maximalen Größe angekommen. Parallel dazu ist die anaerobe Kapazität voll ausgeschöpft. In der Erholungsphase steigt das Atemäquivalent erheblich an und kann Werte bis 55 erreichen, dies bedeutet, dass die Atmung zunächst sehr unökonomisch ist. Es bleibt jedoch zu beachten, dass die Ventilation in dieser Phase auch eine dominierende Aufgabe bei der Regulation des Säure-Basen-Haushalts hat, indem der Sportler versucht, Kohlensäure durch Hyperventilation abzuatmen (NOWACKI 1977, NÖCKER 1980).

Mit einem Wert von  $40,1 \pm 9,3$  liegt das mittlere Ruheatemäquivalent der Hockeyspieler 1991 deutlich über dem von NOWACKI (1977) genannten Durchschnittswert von  $27 \pm 2$ , den keiner der Probanden erreicht. Den niedrigsten „Vorstartwert“ hat der am längsten belastete Sportler L. F. mit 29,2, der damit noch, unter Berücksichtigung der Standardabweichung, im Toleranzbereich des Durchschnittswertes von NOWACKI (1977) liegt. Die Erhöhung des Ruhe- $\dot{V}_{A\ddot{A}}$  der Probanden ist voraussichtlich auf psychische Einflüsse (Nervosität) aufgrund der ungewohnten Untersuchungsverhältnisse zurückzuführen, die zu einer Hyperventilation führten. Auch 1992 liegt das durchschnittliche Ruheatemäquivalent der Bundesligaspieler mit  $39,0 \pm 6,9$  über dem von NOWACKI (1977) genannten Wert und ist nur geringfügig niedriger als der Vorjahreswert. Wie schon 1991 hat L. F. das niedrigste Ruheatemäquivalent aller Bundesliga-Hockeyspieler und liegt mit 29,5 knapp über dem Wert der ersten Untersuchung.

Das mittlere Atemäquivalent fällt 1991 nach einsetzender Belastung in der ersten Minute steil auf  $25,2 \pm 3,6$  ab, um dann in der nächsten Minute noch einmal geringfügig zu sinken ( $23,5 \pm 3,5$ ). Ähnlich verhält es sich auch 1992 bei dem sportartspezifischen Laufbandtest. Das durchschnittliche Atemäquivalent der Hockeyspieler sinkt in der ersten Belastungsminute von  $39,0 \pm 6,9$  in Ruhe auf  $28,35 \pm 3,4$  ab, um anschließend noch weiter auf

24,95  $\pm$  3,2 (2. Belastungsminute) zu fallen. Dieser Abfall des AÄ in den ersten Belastungsminuten lässt sich als Zeichen für die steigende Ökonomie der Atmung werten.

Mit einem durchschnittlichen Minimum von 23,1  $\pm$  3,3, errechnet aus den individuellen Minimalwerten der Probanden, befinden sich die Bundesliga-Hockeyspieler 1991 über den Atemäquivalentergebnissen der auf dem Fahrradergometer getesteten Fußballmannschaften WM-Kader 1974 (19,2  $\pm$  1,5), A-Nationalmannschaft 1981/82 (21,8  $\pm$  2,4) und 1. FC Kaiserslautern (21,9  $\pm$  2,8). 1992 liegt das durchschnittliche Minimum der Probandengruppe mit 23,8  $\pm$  2,2 sogar noch leicht über dem Vorjahreswert. Ein Grund hierfür könnte das veränderte Belastungsverfahren sein.

Das mittlere Ruheatemäquivalent der Nachwuchshockeyspieler des LHC von 41,1  $\pm$  11,3 (männliche B-Jugend) bzw. 45,4  $\pm$  9,4 (Knaben A) ist sehr hoch und liegt über den Werten der Bundesligaspieler 1991 und 1992. Die Alters- und Entwicklungsstruktur der Probanden dürfte hier ebenso für die Erhöhung des Ruhe-AÄ verantwortlich sein, wie psychische Einflüsse (Nervosität), die zu einer Hyperventilation führten. Auffällig ist die hohe Standardabweichung bei den B-Jugendlichen. Dies lässt auf eine sehr differenzierte Atemökonomie schließen.

Nach Belastungsbeginn fällt das durchschnittliche Atemäquivalent der B-Jugendlichen bis einschließlich der dritten Belastungsminute ab (von 32,7  $\pm$  4,2 in der 1. Minute bis 25,2  $\pm$  1,5 in der 3. Minute), um anschließend wieder anzusteigen. Das durchschnittliche Minimum von 24,7  $\pm$  1,6 liegt damit über dem Wert der 1992 untersuchten Bundesligaspieler des LHC (23,8  $\pm$  2,2). Noch etwas höher ist das mittlere Minimum der Knaben A mit 25,0  $\pm$  3,3. Bei diesen sinkt das Atemäquivalent in der ersten Belastungsminute auf 33,2  $\pm$  3,3 und in der Folgeminute auf 28,2  $\pm$  2,7 ab, klettert dann auf 28,6  $\pm$  4,4 (3. Minute) und fällt anschließend noch einmal auf 25,5  $\pm$  3,4 (4. Minute). Danach steigt das AÄ bis zum Belastungsende an. Obwohl es bei den Knaben A zwischenzeitlich zu einer Stagnation kommt, ist auch hier sowie bei den B-Jugendlichen der Abfall des AÄ in den ersten Belastungsminuten Kennzeichen einer verbesserten Atmungsökonomie.

Der Abfall des **Atemäquivalents** bei einsetzender Belastung ist abhängig vom Trainingszustand des kardiopulmonalen Systems. Ausdauertrainierte Sportler können nach NOWACKI (1977) in den ersten Belastungsminuten AÄ-Werte von 17 bis 20 erreichen. Ursache für den Abfall ist die bessere Belüftung und Kapillarisation der Lunge bei Arbeit; es kommt zu einer besseren Atmungsökonomie.

Wie bereits erwähnt, zeigt das Atemäquivalent, wieviel Sauerstoff aus einer definierten Menge ventilierter Luft in das Blut übergegangen ist. Da sich die Sauerstoffaufnahme rechnerisch im Nenner des Quotienten befindet, ist ein niedriger AÄ-Wert als günstig zu bezeichnen. Denn ein kleiner Wert bedeutet, dass aus einer bestimmten Luftmenge ein hoher Sauerstoffanteil genutzt werden konnte, bzw. dass für eine erforderliche Sauerstoffaufnahme wenig Luft ventiliert werden musste (BADTKE 1986).

Ebenso wie bei den Nachwuchsspielern erfolgt auch bei den Bundesligaakteuren im Verlauf der Beanspruchung ein Wiederanstieg des Atemäquivalents. 1991 erhöht sich das mittlere AÄ der Probandengruppe ab der dritten Belastungsminute wieder. Darin kommt eine Verschlechterung der Atemökonomie zum Ausdruck. Überschreitet das Atemäquivalent einen Wert von 30, so ist nach NÖCKER (1980) der Grenzbereich der maximalen Leistungsgröße erreicht. Einen vergleichbaren Grenzwert von  $30 \pm 3$  bestätigen auch Untersuchungen von NOWACKI (1977). Sechs der Probanden erreichen 1991 am Belastungsende ein AÄ von 30 bzw. überschreiten diesen Wert. Die anderen vier Sportler liegen knapp darunter. Die höchsten AÄ-Werte sind für die am längsten arbeitenden Probanden O. H. (37,4) und L. F. (35,1) ermittelt worden. Der Maximalwert der gesamten Gruppe beträgt 31,4 und überschreitet somit knapp den in der Literatur genannten Grenzwert.

1992 steigt das durchschnittliche AÄ der Bundesligisten ab der dritten Minute wieder an, um dann bis zur fünften Minute weiter zu klettern. Auch hierin ist wieder eine Verschlechterung der Atemökonomie ausgedrückt. Doch in der sechsten Minute fällt das mittlere AÄ noch einmal kurzfristig. Dies könnte mit dem Belastungsverfahren zusammenhängen, da die Pause in der vierten Minute zu einer Erholung beigetragen hat, wodurch die Atmung wieder ökonomischer werden konnte. Warum sich dies aber erst in der zweiten Minute nach Wiederaufnahme der Belastung (6. Minute) bemerkbar macht und das AÄ in der fünften Minute sogar noch höher liegt, muss offen bleiben. In den Pausen steigt das mittlere Atemäquivalent jeweils an, um nach dem erneuten Belastungsbeginn jeweils wieder kurzfristig abzusinken. Insgesamt ist mit zunehmender Belastungsdauer jedoch ein Anstieg des durchschnittlichen Atemäquivalents der Sportler zu verzeichnen. Unter Berücksichtigung der Pausen erreichen die Probanden ein maximales Atemäquivalent von  $37,3 \pm 3,6$  und ohne Einbeziehung der „Zwischenminute“ wird immerhin noch ein Maximum von  $35,1 \pm 2,4$  ermittelt. Damit wird der von NOWACKI (1977) und NÖCKER (1980) genannte Wert von 30 bzw.  $30 \pm 3$  als Grenzbereich der maximalen Leistungsgröße klar überschritten. Die Bundesligaakteure des LHC haben 1992 ein maximales Atemäquivalent das über 30 liegt.

Das durchschnittliche AÄ der Jugend B beginnt in der vierten Belastungsminute wieder nach oben zu klettern. Dass es in der neunten Minute noch einmal zu einem Absinken des AÄ von  $30,1 \pm 3,4$  (8. Minute) auf  $28,6 \pm 3,5$  (9. Minute) kommt, liegt vermutlich an der Zahl der noch aktiven Probanden. Während in der achten Minute noch sechs Teilnehmer belastet werden, sind es eine Minute später nur noch zwei. Die B-Jugendspieler erreichen ein durchschnittliches Maximum von  $34,2 \pm 3,3$ . Bei den Knaben A steigt das AÄ ab der fünften Minute wieder an und geht stetig nach oben. Das mittlere maximale AÄ der Probanden beträgt schließlich  $36,7 \pm 4,5$ . Damit liegt sowohl das maximale Atemäquivalent der B-Jugendspieler als auch der Knaben A deutlich über dem von NOWACKI (1977) bzw. NÖCKER (1980) genannten Grenzbereich der maximalen Leistungsgröße von 30.

Nach Belastungsende steigt 1991 das mittlere Atemäquivalent der Hockeyspieler aus dem Bundesligabereich weiter an. Dies ist Ausdruck einer schlechten Atmungsökonomie. Der

höchste Durchschnittswert wird mit  $39,9 \pm 3,6$  in der fünften Erholungsminute registriert. Damit ist fast der Ruheausgangswert wieder erreicht. Als Ursache für die unökonomischen Atmungsverhältnisse ist nach NOWACKI (1977) die durch Hyperventilation vermehrte Abatmung von Kohlensäure anzusehen. Im Anschluss an erschöpfende Belastung mit höchster anaerober Kapazität macht die Regulation des Säure-Basen-Haushalts kurzzeitig eine relativ große Ventilation erforderlich, damit verstärkt Kohlendioxid abgeatmet werden kann (MELLEROWICZ 1979). Mit dem großen Abfall der Sauerstoffaufnahme steigt das Atemäquivalent gleichzeitig stark an. Die Atmung normalisiert sich erst wieder nach einer längeren Erholungsphase.

Die zuvor genannten Faktoren dürften auch die Ursache dafür sein, dass das Atemäquivalent bei der Anwendung des sportartspezifischen Laufbandtests jeweils in den Belastungspausen ansteigt (*siehe oben*), denn das  $\dot{V}_{\text{A}}$  verhält sich in den „Zwischenminuten“ ähnlich wie am Belastungsende. Die Regulation des Säure-Basen-Haushalts führt auch hier kurzzeitig zu einer relativ großen Ventilation, die zu einer verstärkten Abatmung von Kohlendioxid führt (MELLEROWICZ 1979).

Auch 1992 klettert das durchschnittliche Atemäquivalent der Bundesligaakteure in der Erholungsphase zunächst weiter nach oben (von  $40,4 \pm 4,2$  in der ersten Erholungsminute auf  $45,6 \pm 4,5$  in der zweiten Minute nach Belastungsende). Doch ab der dritten Erholungsminute beginnt es wieder leicht zu sinken und am Ende wird ein mittleres Atemäquivalent von  $41,9 \pm 2,8$  erreicht. Dieses Atemäquivalent liegt aber noch leicht über dem Ruheausgangswert.

Das durchschnittliche Atemäquivalent der Knaben A steigt in der Erholungsphase ständig an und erreicht mit  $41,6 \pm 6,6$  in der fünften Erholungsminute seinen Höchststand. Damit liegt das  $\dot{V}_{\text{A}}$  aber noch unter dem Ruheausgangswert. Bei den B-Jugendlichen klettert das  $\dot{V}_{\text{A}}$  nach Belastungsende nur in den ersten beiden Erholungsminuten nach oben und fällt anschließend wieder ab. Hier liegt das durchschnittliche Atemäquivalent nach fünfminütiger Erholung mit  $40,4 \pm 2,6$  sehr dicht am Ruheausgangswert ( $41,1 \pm 11,3$ ). Auch hier ist als Ursache für die unökonomischen Atmungsverhältnisse nach NOWACKI (1977) die durch Hyperventilation vermehrte Abatmung von Kohlensäure anzusehen.

Wie bereits erwähnt, hat L. F. mit 29,5 1992 das niedrigste Ruhe-Atemäquivalent des Bundesligakaders und liegt damit nur leicht über dem von NOWACKI (1977) genannten Durchschnittswert von 27. Mit einsetzender Belastung fällt sein  $\dot{V}_{\text{A}}$  zunächst auf 28,8 (1. Minute) und dann auf 25,8 (2. Minute) ab, um anschließend wieder zu steigen. Der Anstieg des Atemäquivalents bedeutet, wie zuvor dargestellt, eine Verschlechterung der Atemökonomie. Wie gut diese Atemökonomie aber bei L. F. ist zeigt sich darin, dass sein Atemäquivalent in der elften Minute noch einmal auf 24,3 absinkt. Wie auch bei den anderen Probanden erhöht sich das  $\dot{V}_{\text{A}}$  in den Pausen und fällt anschließend wieder ab, um aber insgesamt mit zunehmender Belastungsdauer zu steigen. Seinen Höchstwert von 41,3 erreicht der Sportler in der letzten Belastungspause (24. Minute) bzw. ohne Berücksichtigung der

„Zwischenminuten“ beträgt sein Maximum 35,4 in der 25. Minute. Damit überschreitet er deutlich den von NOWACKI (1977) und NÖCKER (1980) genannten Wert von 30 bzw.  $30 \pm 3$  als Grenzbereich der maximalen Leistungsgröße.

Nach Belastungsende steigt das Atemäquivalent von L. F. zunächst auf 41,3 (1. Erholungsminute) und klettert dann weiter auf 47,6 (2. Minute), um im Anschluss daran wieder zu sinken. In der vierten und fünften Minute der Erholungsphase wird für den Probanden ein AÄ von 41,3 registriert. Dies entspricht dem Wert der ersten Erholungsminute. Das Atemäquivalent von L. F. liegt nach der fünfminütigen Erholung aber deutlich über dem Ruheausgangswert von 29,5. Nach der intensiven erschöpfenden Belastung mit höchster anaerober Kapazität ist auch bei L. F. eine relativ große Ventilation zur Regulation des Säure-Basen-Haushalts notwendig, damit verstärkt Kohlendioxid abgeatmet werden kann (MELLEROWICZ 1979). Wie bei den anderen Probanden erhöht sich mit dem großen Abfall der Sauerstoffaufnahme gleichzeitig das Atemäquivalent. Durch die extreme Beanspruchung – er dringt ja als einziger in die neu geschaffene Belastungsstufe vor – dauert es bei ihm besonders lange, bis sich die Atmung nach Belastungsende wieder normalisiert.

### 7.5.2 Respiratorischer Quotient

Als ein weiterer Parameter zur Leistungsbeurteilung gilt die korrelative Betrachtung der Kohlendioxidausscheidung und Sauerstoffaufnahme.

Der Ventilations-RQ ist ein wichtiges Kriterium zur Bestimmung körperlicher Grenzleistungen. Trotz vermehrter Kohlendioxidausscheidung kommt es bei Belastungsbeginn zu einem Absinken des VRQ. Mit steigender Leistung erhöht sich der Wert des VRQ wieder. Wird der Erschöpfungszustand erreicht, so steigt dieser Wert auf 1 an. Trainierte können diese Marke sogar überschreiten. Nach Untersuchungen von NOWACKI (1977) ist untrainierten Männern, Frauen und Kindern eine Weiterarbeit über einen VRQ von 1 nicht möglich. Die Identität zwischen dem Zusammenfall des Erschöpfungspunktes mit dem Wert 1 zählt zu den gesichertsten experimentellen Befunden in der Ergometrie. Für den Anstieg des VRQ bei erschöpfender Muskelarbeit sind die verminderte Sauerstoffaufnahme, die den Sauerstoffbedarf nicht mehr decken kann, und die verstärkte Kohlensäureausscheidung verantwortlich. In der Phase der Erholung steigt der VRQ, abhängig von Art und Größe der Leistung, Konstitution, dem Alter, Geschlecht, Trainingszustand etc., weiter an, wobei Werte von 1,5 bis 2 erreicht werden können. Nach wenigen Minuten kommt es dann zu einem steilen Abfall des VRQ, meist bis unter die Ruhewerte. Die Höhe des VRQ-Anstiegs und die Zeit bis zur Wiederherstellung der Ruhewerte verhalten sich bei gleicher Leistung umgekehrt proportional zur körperlichen Leistungsfähigkeit (NOWACKI 1975b, 1977).

In der Ruhephase sollte der Ventilations-RQ nach NOWACKI (1979) möglichst 0,8 betragen, aber keinesfalls 0,9 überschreiten. Mit einem mittleren VRQ von  $0,83 \pm 0,04$



erfüllen die Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC 1991 diese Bedingung. Während zwei Probanden (G. M. und S. S.) mit  $0,79$  knapp unter der  $0,8$  Marke bleiben, liegt O. H. mit  $0,9$  sehr hoch. Dagegen wird 1992 von den Bundesligisten diese Forderung nicht erfüllt, da der mittlere Ruhe-Ventilations-RQ  $0,905 \pm 0,08$  beträgt. Dies liegt vor allem daran, dass zwei Probanden (O. H. mit  $0,96$  und P. K. mit  $0,97$ ) deutlich die Marke  $0,9$  überschreiten. L. F. erreicht mit  $0,81$  fast den geforderten Wert und für P. S. ist  $0,88$  als Ruhe-Ventilations-RQ registriert.

Sowohl die B-Jugendlichen Hockeyspieler ( $0,92 \pm 0,1$ ) als auch die Knaben A des LHC ( $0,93 \pm 0,04$ ) liegen 1992 in der Ruhephase mit ihrem Ventilations-RQ über dem von NOWACKI (1979) genannten Grenzwert von  $0,9$ . Auch hierfür dürften wieder Alter und Entwicklungsstand mitverantwortlich sein.

In der ersten Belastungsminute fällt der durchschnittliche Ventilations-RQ 1991 auf  $0,8 \pm 0,05$  geringfügig ab, steigt aber ab der zweiten Minute ( $0,86 \pm 0,06$ ) wieder an und erreicht nach sechs Minuten ( $n = 10$ ) den Wert  $1 \pm 0,06$ . Der VRQ klettert weiter bis auf einen mittleren Maximalwert von  $1,13 \pm 0,07$ .

BARTELS u. Mitarb. (1959) erklären den Abfall des VRQ mit einsetzender Belastung damit, dass die alveolare Ventilation nicht sofort den erforderlichen Wert erreicht und die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz schneller vergrößert wird als die arterio-venöse Kohlendioxid-differenz. Die Schnelligkeit des späteren Wiederanstiegs hängt vom Alter, Geschlecht, der Größe der Leistung und vom Trainingszustand ab.

Wie schon erwähnt, erreicht der VRQ am Erschöpfungspunkt den Wert  $1,0$ . Nach NOWACKI (1977) ist eine Fortsetzung der Arbeit dann nur noch unter größter Willensanstrengung und einer großen anaeroben Kapazität für kurze Zeit möglich.

Bis auf einen Probanden (G. M., der am Belastungsende einen VRQ von  $1,0$  hat) überschreiten alle untersuchten Sportler des LHC 1991 diesen Wert. Einige der Probanden konnten noch vier Minuten laufen, nachdem sie einen VRQ von  $1,0$  überschritten hatten. Dies spricht für ihre hervorragende anaerobe Kapazität. Ein Grund hierfür mag das häufige Intervalltraining der Hockeyspieler mit einem großen Anteil anaerober Übungen sein.

1992 sinkt der mittlere Ventilations-RQ der Bundesliga-Hockeyspieler nach Belastungsbeginn auf  $0,82 \pm 0,03$  ab und fällt anschließend geringfügig weiter auf  $0,81 \pm 0,05$  (2. Minute). Anschließend beginnt der VRQ wieder anzusteigen. Nach den zum sportartspezifischen Untersuchungsverfahren gehörenden Pausen sinkt der mittlere VRQ meist wieder leicht ab, insgesamt ist mit zunehmender Belastung aber ein Anstieg zu verzeichnen. Der Wert  $1$  wird erstmals in der 19. Minute überschritten ( $1,07 \pm 0,09$ ). Nach der fünften Pause (20. Minute) fällt der mittlere VRQ noch einmal auf  $0,99 \pm 0,07$  (21. Minute), erreicht eine Minute später aber wieder  $1,04 \pm 0,1$ . Der durchschnittliche maximale VRQ der Probanden beträgt schließlich  $1,15 \pm 0,02$  (unter Einbeziehung der Pausen) bzw.  $1,09 \pm 0,08$  (ohne Berücksichtigung der „Zwischenminuten“). Die Auswertung der vorliegenden Daten ergibt, dass alle Sportler des Bundesligateams 1992 den Wert  $1$  überschreiten. Auch hier lässt sich

wieder auf eine hervorragende anaerobe Kapazität schließen, für die das häufige Intervalltraining der Hockeyspieler mit ausschlaggebend sein dürfte.

Bei beiden Probandengruppen der Nachwuchshockeyspieler fällt der durchschnittliche Ventilations-RQ 1992 in den ersten beiden Minuten nach Belastungsbeginn ab und steigt anschließend stetig an. Bei den Knaben A sinkt der VRQ auf  $0,89 \pm 0,04$  (1. Minute) und anschließend auf  $0,87 \pm 0,06$  (2. Minute). Der Wert 1 wird in der siebten Belastungsminute erreicht bzw. leicht überschritten ( $1,01 \pm 0,04$ ). Als mittlerer Maximalwert wird für die Knaben A ein VRQ von  $1,07 \pm 0,05$  ermittelt, d. h. der Wert 1 wird nur leicht überschritten. Der durchschnittliche VRQ der B-Jugendlichen fällt in der ersten Belastungsminute auf  $0,87 \pm 0,05$  und danach noch einmal auf  $0,82 \pm 0,06$  (2. Minute), ehe es wieder zu einem Anstieg kommt. Die Gruppe überschreitet den Wert 1 mit  $1,03 \pm 0,05$  erst in der achten Belastungsminute und als durchschnittlicher Maximalwert wird  $1,05 \pm 0,07$  registriert. Damit liegt der mittlere maximale VRQ der B-Jugendlichen noch unter dem der Knaben A. Wie bereits erwähnt hat NOWACKI (1977) darauf hingewiesen, dass eine Fortsetzung der Arbeit nach Erreichen bzw. Überschreiten des Wertes 1 nur noch unter größter Willensanstrengung und einer großen anaeroben Kapazität für kurze Zeit möglich ist. Dies bestätigt sich bei den jungen Nachwuchshockeyspielern, die meist kurze Zeit nachdem sie Wert 1 erreicht haben die Belastung abbrechen.

Der „Anstrengungsgrad“ des Probanden während einer Arbeit lässt sich aus der Höhe des VRQ in der Erholungsphase annähernd beurteilen (NOWACKI 1977).

Nach Belastungsende steigt der mittlere VRQ der Hockeyakteure 1991 zunächst steil auf  $1,21 \pm 0,09$  an und klettert in der zweiten Erholungsminute weiter auf  $1,25 \pm 0,06$ . Die immer noch relativ große Ventilation sorgt zu Beginn der Erholung für eine vermehrte Abatmung von Kohlendioxid – um den Säure-Basen-Haushalt auszugleichen – bei schneller abfallender Sauerstoffaufnahme (NOWACKI 1977, MELLEROWICZ 1979).

Ab der dritten Erholungsminute sinkt der durchschnittliche VRQ wieder und erreicht am Ende einen Wert von  $1,13 \pm 0,07$ . Dies entspricht dem Mittelwert, den die Probandengruppe am Belastungsende hat. Ein Absinken unter den Ruhewert wird aber für keinen Teilnehmer registriert.

Im Anschluss an die Belastung der Bundesligaspieler 1992 steigt der durchschnittliche VRQ nicht in dem Maße an wie im Vorjahr. Von  $1,145 \pm 0,08$  (1. Erholungsminute) klettert er auf  $1,22 \pm 0,09$  in der zweiten Minute der Erholung. Dabei liegt er noch unter dem Vorjahreswert. Auch hier sorgt die relativ große Ventilation zur Ausgleicheung des Säure-Basen-Haushalts zu Beginn der Erholung für eine vermehrte Abatmung von Kohlendioxid (NOWACKI 1977, MELLEROWICZ 1979). In der dritten Erholungsminute beginnt der durchschnittliche VRQ wieder zu fallen und ist nach fünfminütiger Erholung bei  $1,095 \pm 0,06$  angelangt. Damit liegt der durchschnittliche VRQ am Ende des Tests nur leicht über dem Mittelwert  $1,09 \pm 0,08$  (ohne Berücksichtigung der Belastungspausen), den die Probandengruppe am Belastungsende hat.

Der mittlere VRQ der Knaben A steigt nach Belastungsende zunächst steil auf  $1,16 \pm 0,09$  an und klettert in der zweiten Erholungsminute weiter auf  $1,2 \pm 0,14$ . Ab der dritten Erholungsminute fällt der durchschnittliche VRQ wieder und liegt am Ende bei  $1,12 \pm 0,14$  (5. Erholungsminute). Die Probandengruppe befindet sich damit über dem mittleren Maximalwert, der während der Belastung erreicht wird. Bei den B-Jugendlichen steigt der mittlere VRQ in den ersten beiden Erholungsminuten ebenfalls deutlich an (von  $1,17 \pm 0,14$  in der 1. auf  $1,23 \pm 0,07$  in der 2. Erholungsminute). Anschließend beginnt auch hier der VRQ wieder zu sinken, bis auf  $1,06 \pm 0,07$  nach fünf Erholungsminuten. Dieses Messergebnis reicht dicht an den mittleren Maximalwert der Gruppe ( $1,05 \pm 0,07$ ) heran. Wie bei den anderen Probanden sorgt die immer noch relativ große Ventilation auch unter den Nachwuchsspielern zu Beginn der Erholung für eine vermehrte Abatmung von Kohlendioxid, damit es zu einem Ausgleich des Säure-Basen-Haushalts kommt (NOWACKI 1977, MELLEROWICZ 1979).

L. F., der 1991 einen VRQ von 1 in der siebten und achten Belastungsminute erreicht, gelingt es zwei Minuten über diese Marke hinaus zu laufen. O. H. hat bei dieser Untersuchung ab der siebten Minute einen höheren VRQ als 1. Er läuft also noch über drei Minuten, nachdem er diese Marke überschritten hat. Hierin zeigt sich die hohe anaerobe Kapazität der Sportler.

1992 bleibt L. F. nahezu während der gesamten Belastung unter dem Wert 1. Lediglich in der sechsten Pause (24. Minute) überschreitet sein VRQ mit 1,13 diese Grenze. Nach dem erneuten Belastungsbeginn fällt der VRQ wieder auf 0,97 und bleibt so bis zum Ende. Hierin zeigt sich die gute Ausdauerbelastbarkeit des Probanden. Anschließend steigt der VRQ des Hockeyspielers auf 1,13 (1. Erholungsminute) an, sinkt dann jedoch gleich wieder ab und erreicht in der vierten und fünften Erholungsminute den Wert 1. Dieser liegt aber noch deutlich über dem Ruhe-Ventilations-RQ des Sportlers (0,81). Grund hierfür dürfte die hervorragende Leistung und damit verbundene extreme Belastung von L. F. sein.

## 7.6 Ausblick

Zum Ende der Diskussion soll noch einmal unterstrichen werden, dass die vorliegenden experimentellen **leistungsmedizinischen Untersuchungen** der **Bundesliga-Hockeyspieler** des Limburger HC den guten bis sehr guten **Trainingszustand** dieser Athleten bestätigt haben. Zusammen mit den von NOWACKI u. Mitarb. untersuchten erfolgreichen Fußball-Nationalmannschaften stehen Hockeyspieler an der **leistungsmedizinischen Spitze** aller **Spisportarten**.

Während NEUMANN (1990) in seiner für alle Sportsportarten grundlegenden Monographie „**Basketballtraining**“ die Bereiche *Taktik – Technik – Kondition* ins Zentrum gestellt hat, habe ich den Schwerpunkt für das Hockeyspiel auf die leistungsmedizinischen Voraussetzungen gelegt. Anzustreben wäre für alle Sportsportarten eine vergleichende Analyse im Sinne NEUMANNs (1990) und die Beeinflussung der technisch-taktischen Möglichkeiten der Spieler / Mannschaften durch ein optimales biologisches Leistungsprofil (MOHAMMED 1999, SCHMIDT 2007)

Als Nachteil der vorliegenden Studie muss der lange Zeitraum zwischen den Untersuchungen und der Veröffentlichung angesprochen werden. Die grundlegenden **spiroergometrischen Testverfahren**, besonders die von mir inaugurierte sportartspezifische Belastungsmethode für die Laufbandspiroergometrie von Hockeyspielern, ermöglichen aber auch aktuell eine umfassende **sportmedizinische Klassifizierung** des **Trainingszustandes**.



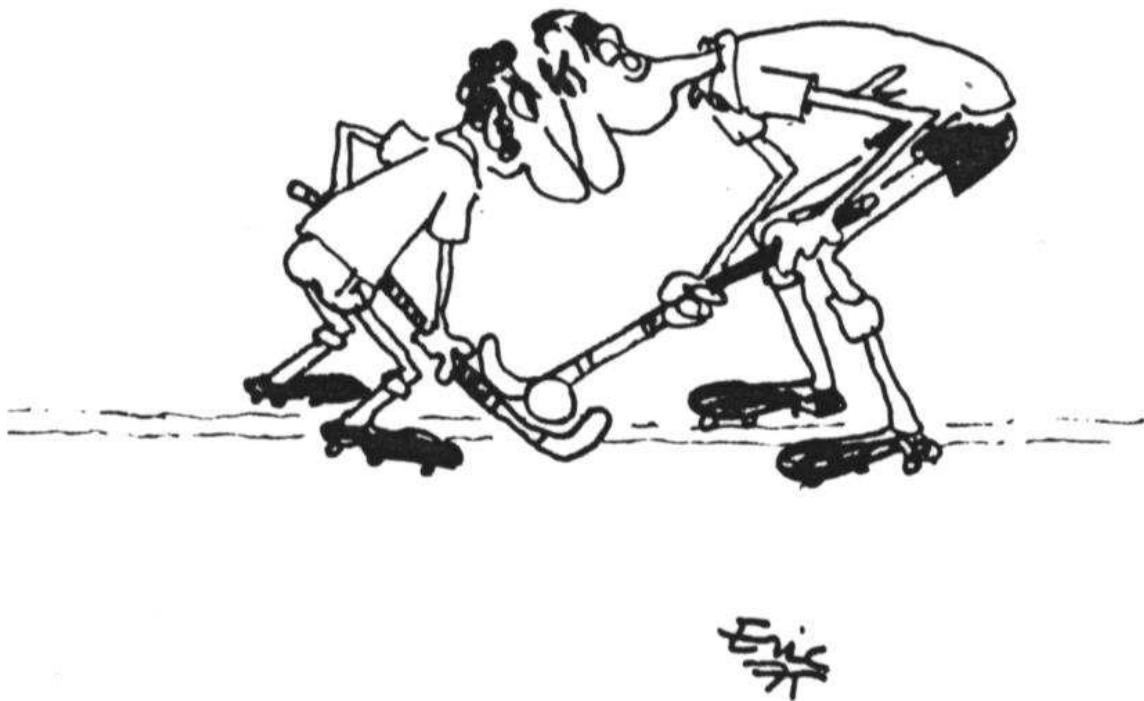
**Abb. 100:**

*Die deutsche Hockey-Nationalmannschaft gewann 2008 bei den Olympischen Spielen in Peking die Goldmedaille (Foto DHB).*

Die männliche **Hockey-Nationalmannschaft Deutschlands** (Abb. 100), die im olympischen Hockeyturnier bei den **Olympischen Spielen 2008** in Peking (Volksrepublik China) die **Goldmedaille** gewonnen hat, erfreute weltweit die Zuschauer mit ihrem schnellen, dynamischen, aber auch technisch anspruchsvollen Spiel.

Dies ist aber nur durch einen sehr guten Trainingszustand möglich. Ich bin deshalb fest davon überzeugt, dass die Athleten des Olympiakaders im Jahr 2008 bei entsprechenden Untersuchungen die Leistungsdaten der 1991 und 1992 untersuchten Bundesliga-Hockyspieler bestätigen bzw. sogar übertreffen würden.

Wie die folgende Karikatur von Hockeyspielern (*Abb. 101*) symbolisiert, ist es wichtig immer am Ball zu bleiben und so gibt es vor allem im Bereich der Sportmedizin und Sportwissenschaft im Feldhockey noch Vieles zu erforschen.



***Abb. 101:***

***Zeichnung entnommen aus WEIN (1977a).***

## 8 Zusammenfassung

Hauptziel dieser Arbeit ist es, anhand einer Reihe leistungsphysiologischer Parameter, die körperliche Leistungsfähigkeit von Hockeyspielern aus der Bundesliga sowie aus dem Nachwuchsbereich mit anderen Ballspielsportarten zu vergleichen.

Hierfür wurden 1991 an zehn Bundesliga-Hockeyspielern des Deutschen Hallenhockeymeisters der letzten beiden Jahre, dem Limburger HC, mit Hilfe der Laufbandspiroergometrie Untersuchungen der physischen, kardiozirkulatorischen, kardiopulmonalen und respiratorischen Leistungsfähigkeit durchgeführt. Die 17- bis 25jährigen Probanden wurden nach der 1 Watt/kg KG-Methode in steigenden Wattstufen bei konstanter Bandgeschwindigkeit und größer werdender Steigung erschöpfend belastet. Vor und während der Beanspruchung sowie in der fünfminütigen Erholungsphase wurden die leistungsphysiologischen Parameter registriert.

1992 wurden erneut acht 18- bis 24jährige Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC mit Hilfe der Laufbandspiroergometrie untersucht. Im Gegensatz zum Vorjahr kam diesmal jedoch nicht die 1 Watt/kg KG-Methode in steigenden Wattstufen bei konstanter Bandgeschwindigkeit und größer werdender Steigung als Testverfahren zur Anwendung, sondern das zunächst für Fußballspieler konzipierte und für die Bundesliga-Hockeyspieler extra um eine Belastungsstufe erweiterte sportartspezifische Belastungsverfahren. Auch hier registrierte das Untersuchungsteam vor und während der Beanspruchung sowie in den Belastungsunterbrechungen und der fünfminütigen Erholungsphase die leistungsphysiologischen Parameter.

Als Vergleichsgruppen wurden 1992 zudem Nachwuchshockeyspieler des LHC untersucht. Mit Hilfe der Fahrradspiroergometrie führte das sportmedizinische Team bei ihnen ebenfalls Untersuchungen der physischen, kardiozirkulatorischen, kardiopulmonalen und respiratorischen Leistungsfähigkeit durch. Eine Vergleichsgruppe bildeten neun 13- bis 14jährige Hockeyspieler der Knaben A des Limburger Hockey-Clubs und die andere bestand aus zehn 15- bis 16jährigen Spielern der männlichen B-Jugend des LHC. Beide Gruppen wurden nach der 1 Watt/kg KG-Methode in steigenden Wattstufen auf dem Fahrrad erschöpfend belastet. Auch bei ihnen sind vor und während der Beanspruchung sowie in der fünfminütigen Erholungsphase die leistungsphysiologischen Parameter dokumentiert worden.

Die Testergebnisse wurden in dieser Arbeit dargestellt und diskutiert sowie den aus der Literatur entnommenen Daten anderer Ballsportarten gegenübergestellt und mit ihnen verglichen.

1. Mit einer durchschnittlichen Gesamtarbeit von  $1573 \pm 412$  Wattminuten liegen die laufbandspiroergometrisch untersuchten Hockeyspieler 1991 im Bereich der gut trainierten körperlichen Leistungsfähigkeit. Die durchschnittliche Belastungszeit liegt bei  $8' 11,5'' \pm 1' 11''$  Minuten. Die 1992 nach dem sportartspezifischen Laufbandtest untersuchten Limburger Bundesligaspieler brachten es bei einer durchschnittlichen Belastungszeit von 21 Minuten auf  $2724 \pm 573$  Wattminuten.

Beim Vergleich verschiedener Ballspielsportarten belegen die Hockeyspieler 1991 einen Mittelplatz und befinden im Bereich der Basketball Junioren des MTV Gießen (1578 Wattminuten) und des Fußball-Bundesligisten 1. FC Kaiserslautern (1519 Wattminuten). Weit darüber liegen die 1992 getesteten Bundesliga-Hockeysportler, die sich im Bereich der ebenfalls nach dem sportartspezifischen Belastungsverfahren untersuchten Fußballspieler des Landesligisten FSV Bad Orb (2736 Wattminuten) befinden. Ob die hohen Werte durch das Belastungsverfahren bedingt sind, lässt sich zwar vermuten, kann hier aber nicht geklärt werden, da es an Vergleichsdaten mangelt, um signifikante Aussagen zu machen. Hier wäre ein weiterer Forschungsansatz denkbar. Die niedrigsten Wattzahlen erreichen die B-Jugend des LHC ( $1402 \pm 301$  Wattminuten), die Fußball-Hessenauswahl von 1974 (1227 Wattminuten) und die Limburger Knaben A mit  $1106 \pm 152$  Wattminuten, wobei hier jedoch auch das Alter der Nachwuchshockeyspieler zu berücksichtigen ist.

2. Eine mittlere maximale Herzschlagfrequenz von  $187 \pm 7$  Schlägen/min 1991 bzw.  $189 \pm 6$  Schlägen/min 1992 gewährleistet die gewünschte körperliche Ausbelastung der Hockeyspieler bei der durchgeführten Laufbandspiroergometrie. Erwartungsgemäß liegt der Herzschlag bei den jüngeren Probanden deutlich höher:  $195 \pm 10$  Schläge/min bei den Knaben A und  $192 \pm 10$  Schläge/min bei den B-Jugend-Spielern.

Nach einer fünfminütigen Erholungsphase sinkt der Wert 1991 auf  $105 \pm 9$  Schläge/min ab. Damit befindet sich die Mannschaft an der Grenze zwischen einer guten und sehr guten kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit. Schlechter ist dagegen die Erholung 1992 nach dem sportartspezifischen Belastungstest, bei dem die Beanspruchungszeit aber auch deutlich länger ist. Doch mit  $114 \pm 10$  Schlägen/min befinden sich die Bundesligisten gerade noch im guten Bereich der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit. Auch hierfür könnte das Belastungsverfahren ausschlaggebend sein. Um aber signifikante Aussagen hierüber machen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen. Sowohl die Erholungsfähigkeit der Knaben A  $116 \pm 11$  Schlägen/min als auch die der B-Jugend  $117 \pm 13$  Schlägen/min ist als befriedigend einzustufen. Hier sollte jedoch berücksichtigt werden, dass das jugendliche Herz ohnehin eine höhere Frequenz hat, als der Herzschlag eines Erwachsenen.

3. Der Blutdruck beträgt 1991 in Ruhe 135/85 mm Hg und ist 1992 fast identisch (135/90 mm Hg), wobei der leicht erhöhte Wert auf die Vorstartspannung zurückzuführen ist. Während der Belastung ist 1991 aus technischen Gründen keine Blutdruckmessung durchführbar, so dass erst wieder in der Erholungsphase Blutdruckwerte vorliegen. Beim 1992 durchgeführten sportartspezifischen Belastungsverfahren kann jedoch der Blutdruck in den „Zwischenminuten“ gemessen werden. In der ersten Pause (vierte Minute) ist der mittlere Blutdruck bereits auf 170/105 mm Hg angestiegen und klettert weiter bis auf 190/75 mm Hg (20. Minute).

In der ersten Erholungsminute wird 1991 ein Wert von 180/75 mm Hg registriert und damit die größte Blutdruckamplitude. Am Ende der Erholungsphase beträgt der Mittelwert 150/75 mm Hg. Damit ist der systolische Blutdruck höher als der Ruhewert, während der diastolische Wert darunter liegt. Auch 1992 ist die Amplitude der Bundesligaspieler in der ersten Minute nach Belastungsende mit einem Wert von 190/75 mm Hg am größten. Anschließend steigen sowohl der systolische als auch der diastolische Druck noch einmal an 195/90 mm Hg (zweite Erholungsminute), um anschließend auf 175/85 mm Hg (fünfte Minute) abzusinken. Damit liegt wiederum der systolische Blutdruck deutlich über dem Ruhewert, während der diastolische Druck etwas niedriger als der Ausgangswert ist.

Bei den Knaben A klettert der Blutdruck von 120/80 mm Hg (Ruheausgangswert) bis 155/80 mm Hg in der 4. Belastungsminute, anschließend ist sowohl bei den Knaben A als auch den B-Jugendlichen aus technischen Gründen keine Blutdruckmessung mehr möglich. In der Erholungsphase sinkt der Blutdruck von 160/60 mm Hg (erste Erholungsminute) auf 130/70 mm Hg (fünfte Minute), wobei auch hier der systolische Druck noch über dem Ruhewert liegt. Der etwas erhöhte Ruheblutdruck von 135/90 mm Hg (vermutlich aufgrund der Nervosität) bei den Spielern der B-Jugend steigt auf 165/80 mm Hg (4. Minute) an. Nach Belastungsende fällt der Druck von 170/70 mm Hg (erste Minute) auf 130/80 mm Hg in der fünften Erholungsminute und liegt damit unter dem Ausgangswert.

4. Hinsichtlich der respiratorischen Parameter ist bei den Hockeyspielern 1991 ein durchschnittliches maximales Atemminutenvolumen von  $146,6 \pm 25,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS ermittelt worden, wobei das AZV  $3,39 \pm 0,49 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS und die Af  $47 \pm 4/\text{min}$  betragen. Dies spricht für eine ökonomische Atmung der Hockeyspieler, so dass die respiratorische Leistungsfähigkeit der Probanden als gut bis sehr gut eingestuft werden kann. 1992 ist das mittlere maximale AMV von  $136,2 \pm 24,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS – mit einem AZV von  $2,88 \pm 0,47 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS und einer Af, die bei  $49 \pm 7/\text{min}$  liegt – zwar niedriger als im Jahr zuvor, dies kann aber auch mit den unterschiedlichen Belastungsverfahren zusammenhängen. Auffällig ist, dass 1992 die Zahl der Atemzüge zwar höher ist als 1991, das AZV jedoch deutlich unter dem Vorjahreswert liegt.



Bei der Gegenüberstellung der Vergleichsgruppen liegen die Hockeyspieler 1991 mit ihrem mittleren maximalen AMV im Bereich des 1. FC Kaiserslautern (146,9 l/min BTPS) und rangieren im oberen Drittel. Den Höchstwert erreicht die Fußball-Nationalmannschaft des DFB von 1981/82 mit 158,0 l/min BTPS. 1992 befinden sie sich im Mittelfeld, jedoch noch klar über den Fußballern des FSV Bad Orb (146,6 l/min BTPS), die ebenfalls nach dem sportartspezifischen Belastungstest untersucht wurden. Deutlich niedrigere Werte erreichen die beiden Nachwuchsteams,  $122,2 \pm 38,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS die B-Jugend und  $87,8 \pm 27,0 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS die Knaben A, wobei beide noch über der Fußball-Hessenauswahl von 1974 ( $85,9 \pm 17,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  BTPS) liegen.

5. Ausgehend von  $271 \pm 93 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD steigt die mittlere absolute Sauerstoffaufnahme 1991 bis zu einem Maximalwert von  $4773 \pm 607 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD an. Damit liegen die Limburger Hockeyspieler im gut trainierten Bereich und stehen an der Spitze der herangezogenen Vergleichsgruppen aus dem Ballsportbereich. Nach fünfminütiger Erholung sinkt der Wert auf  $756 \pm 148 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD ab. Diese gute Sauerstoffaufnahme bestätigt sich auch im nächsten Jahr. 1992 ist die Sauerstoffaufnahme in Ruhe mit  $367,5 \pm 110 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD zwar höher als 1991, jedoch der Maximalwert mit  $4692 \pm 533 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD etwas geringer; doch damit stehen die Bundesligaspieler hinter den Hockeyprobanden des Vorjahres immer noch auf Rang zwei der Vergleichsgruppen. Die Sauerstoffaufnahme nach fünf Minuten Erholung liegt mit  $881,5 \pm 343 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD über der des Vorjahres. Die Nachwuchsspieler befinden sich erwartungsgemäß mit  $3816 \pm 1109 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD (B-Jugend) und  $2537 \pm 769 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD (Knaben A) am unteren Ende der Skala, wobei zumindest die Jugendlichen noch über den Fußballern der Hessenauswahl von 1974  $3258 \pm 359 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD rangieren.
6. Auch im Bereich der durchschnittlichen relativen Sauerstoffaufnahme führen die Hockeyspieler, deren Ergebnis bei beiden Untersuchungen fast identisch ist (Unterschiede finden sich lediglich im Bereich der Standardabweichung), deutlich die Liste der herangezogenen Vergleichsgruppen an. Mit einer durchschnittlichen relativen Sauerstoffaufnahme von  $64,3 \pm 8,84 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD 1991 bzw.  $64,3 \pm 13,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD 1992 befinden sich die Hockeyspieler laut Literaturangaben sogar im sehr gut trainierten Leistungsbereich. Dies ist für Ballsportler als optimal anzusehen. Überraschend ist, dass hier die B-Jugend Spieler des LHC mit  $56,1 \pm 9,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD auf einmal an fünfter Stelle der Vergleichsskala befinden, und selbst die Knaben A haben mit  $49,2 \pm 12,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD noch eine höhere mittlere relative O<sub>2</sub>-Aufnahme als die Bundesliga Handballer des VfL Gummersbach 1976 ( $48,8 \pm 6,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  STPD).

7. Deutlich höher als der durchschnittliche Maximalwert von  $16 \text{ ml O}_2/\text{Hf STPD}$  für untrainierte Normalpersonen ist der mittlere maximale Sauerstoffpuls der Bundesliga-Probandengruppen aus dem Hockeybereich. Wie schon bei der relativen Sauerstoffaufnahme liegen hier die Werte dicht beieinander, auch wenn der Sauerstoffpuls 1991 mit  $25,9 \pm 3,29 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$  leicht über dem von 1992 ( $25,1 \pm 2,8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) liegt. Damit befinden sich die Hockeyspieler 1991 hinter der DFB-Nationalmannschaft von 1981/82 ( $26,7 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) an zweiter Stelle der herangezogenen Vergleichsgruppen aus dem Ballsportbereich. Die 1992 untersuchten Spieler rangieren hinter der Fußball-Weltmeisterelf von 1974 ( $25,3 \pm 3,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) auf Rang vier. Dagegen tauchen die Hockeyspieler der Jugend B ( $20,4 \pm 5,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) sowie die Knaben A ( $12,8 \pm 3,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$ ) erst am Ende der Vergleichsskala auf.
8. Der hohe Ruhewert des Atemäquivalents von  $40,1 \pm 9,3$  (1991) bzw.  $39,0 \pm 6,9$  (1992) kann als Zeichen der Nervosität gewertet werden. Mit einsetzender Belastung fällt das mittlere  $\dot{V}\ddot{A}$  der Hockeyspieler ab und erreicht 1991 mit  $23,1 \pm 3,3$  sein Minimum. Während der Belastung steigt das  $\dot{V}\ddot{A}$  dann wieder an. Sechs Probanden erreichen bzw. überschreiten den in der Literatur genannten Grenzbereich der maximalen Leistungsgröße von 30. Die anderen vier bleiben knapp darunter. Dies spricht für einen guten bis sehr guten Trainingszustand des kardiopulmonalen Systems. Ein Abfall des Atemäquivalents in der Erholungsphase, der diese These unterstützen würde, ist dagegen nicht zu beobachten. Das  $\dot{V}\ddot{A}$  steigt in den fünf Erholungsminuten noch bis auf  $39,9 \pm 3,6$  an und nähert sich dem Ruheausgangswert. Ähnlich verhält es sich 1992. Das  $\dot{V}\ddot{A}$  fällt nach Belastungsbeginn bis auf  $23,75 \pm 2,2$  ab, um anschließend wieder anzusteigen. Auch hier nähert sich der Wert in der Erholungsphase wieder dem Ruheatemäquivalent an, bleibt mit  $41,9 \pm 2,8$  aber etwas darüber. Sowohl bei den Knaben A (Ruhewert  $45,4 \pm 9,4$ ) als auch bei den B-Jugendlichen (Ruhewert  $41,1 \pm 11,3$ ) fällt das Atemäquivalent nach fünfminütiger Erholung unter den Ausgangswert, was für den guten Trainingszustand der Nachwuchsspieler spricht. Die Knaben A haben ein  $\dot{V}\ddot{A}$  von  $41,6 \pm 6,6$  und die Jugendspieler von  $40,4 \pm 2,6$  am Ende der Erholungsphase.
9. Ausgehend von  $0,83 \pm 0,04$  erreicht der Ventilations-RQ 1991 in der sechsten Minute den in der sportwissenschaftlichen Literatur als Erschöpfungspunkt definierten Grenzwert von 1. Es gelingt allen Probanden diesen Wert zu erreichen bzw. noch zu überschreiten, so dass der durchschnittliche maximale VRQ während der Belastung  $1,13 \pm 0,07$  beträgt. Dies zeigt zum einen, dass eine Ausbelastung stattgefunden hat. Auf der anderen Seite ist es erneut eine Bestätigung für den sehr guten Trainingszustand der Hockeyspieler. Gleiches ist auch 1992 zu beobachten. Lässt man die Belastungspausen, in denen der VRQ meist ansteigt, unberücksichtigt, bleibt L. F., der am längsten belastet werden konnte, mit einem Maximal-RQ von 0,98 als einziger Proband unter dem

Grenzwert 1. Der mittlere maximale VRQ liegt mit  $1,09 \pm 0,08$  unter dem der Vorjahresuntersuchung, wobei auch hier die Belastungspausen nicht berücksichtigt wurden.

10. Die Werte der Knaben A und B-Jugendlichen Hockeyspieler bestätigen den guten Trainingszustand schon im Jugendalter. Sie liegen aber noch deutlich unter dem Niveau der erwachsenen Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC. Dies war auch zu erwarten, da der jugendliche Organismus anders aufgebaut ist bzw. arbeitet als der eines Erwachsenen (höhere Herzschlagfrequenz, niedrigere Blutdruckwerte, geringeres Lungenvolumen etc.). Doch unter Berücksichtigung ihrer Alters- und Entwicklungsstruktur liegen die Untersuchungsparameter bzw. -ergebnisse der Nachwuchshockeyspieler überall im Normbereich.
11. Bei künftigen Untersuchungen bietet sich eine Modifizierung des sportartspezifischen Belastungsverfahrens auf dem Laufband an. Um den wechselnden Beanspruchungen von Ballsportlern gerecht zu werden und dem Ziel – möglichst sportartnahe Untersuchungsvoraussetzungen zu schaffen – näherzukommen, sollten nicht nur die Belastungsstufen I bis IV, sondern alle sechs Belastungsabschnitte mit wechselnder Laufbandneigung in drei verschiedenen Steigungsvarianten absolviert werden.

## 9 Literaturverzeichnis

**AIGNER, A. (Hrsg.):**

*Sportmedizin in der Praxis.*

Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: Springer-Verlag, 1986.

**ÅSTRAND, P. O.:**

*Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age.*

Munksgard, Kopenhagen: 1952.

**ÅSTRAND, P. O. / RODAHL, K.:**

*Textbook of Work Physiology.*

2. Aufl. New York: Mc Graw-Hill Book Comp, 1978.

**BACKHAUS, W.:**

„Öffentliche Spiele, Sport und Gesellschaft in der römischen Antike“.

In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):

*Geschichte der Leibesübungen. (Band 2).*

Berlin, München, Frankfurt a. M.: Verlag Bartels & Wernitz KG, 1978, 200-249.

**BADTKE, G. (Autorenkollektiv):**

*Sportmedizinische Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings.*

Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1986.

**BARTELS, H. / BÜCHERL, E. / HERTZ, C. / RODEWALD, G. / SCHWAB, M.:**

*Lungenfunktionsprüfungen.*

Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1959.

**BARTENBACH, K. / SCHMIDT, G.:**

*Hockey. Grund- und Aufbaukurs.*

Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1980.

**BILLIG, H. J. / STROTHMANN, D. (Hrsg.):**

*Innenansichten aus 90 Jahren Hockey-Familie.*

Leverkusen: Heggen Druck, 1977.

**BÖS, K.:**

*Statistikurs I. Einführung in die Statistik.*

3. Aufl. Ahrenburg: Czwalina Verlag, 1986.

**BOHUS, J.:**

*Sportgeschichte. Gesellschaft und Sport von Mykene bis heute.*

München, Wien, Zürich: BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1986.

**BRAUER, B. / WOLF, W.:**

„Einführung in die Spirographie und Ergometrie“.

In: Beitrag zur Klinik der Tuberkulose 94, 1940, 504-519.

**BRAUER, L. / KNIPPING, H. W.:**

„Über das sogenannte spiographische Defizit und einige Bemerkungen zur arteriellen Blutgasanalyse in Herz- und Lungenklinik“.

In: Medizinisch klinische Wochenschrift: Klinik und Praxis 44/45, 1949, 1429-1433.

**BRAUN, W.:**

*Körperliche und Kardio-Zirkulatorische Leistungsfähigkeit von Schülern im Kindes- und Jugendalter (10-17 Jahre) mit unterschiedlicher sportlicher Aktivität.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1983.

**BREIN, F.:**

„Die Leibesübungen im alten Griechenland“.

In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):

*Geschichte der Leibesübungen. (Band 2).*

Berlin, München, Frankfurt a. M.: Verlag Bartels & Wernitz KG, 1978, 82-167.

**BUDINGER, H.:**

*Hockey Teil I: Technik.*

2. Aufl. Hürth: Drei Kronen Druck GmbH + Co KG, 1969.

**BUDINGER, H.:**

*Hockey 2: Taktik.*

2. Aufl. Hürth: Drei Kronen Druck GmbH + Co KG, 1977.

**BUDINGER, H. E.:**

*Über die physische Belastung beim Hockeyspiel und die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit durch kontrollierte Trainingsmaßnahmen.*

Köln: Walter Kleikamp, 1979.

**BUDINGER, H. / HILLMANN, W. / STRÖDTER, W.:**

*Hockey. Training, Technik, Taktik.*

Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1980.

**BURGENER, L.:**

„Frankreich“.

In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):

*Geschichte der Leibesübungen. (Band 5).*

Berlin, München, Frankfurt a. M.: Verlag Bartels & Wernitz KG, 1976, 161-187.

**BUTSCHENKO, L. A.:**

*Das Ruhe- und Belastungs-EKG bei Sportlern.*

Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1967.

**DELANO, A. L.:**

*Field Hockey.*

Dubuque, Iowa: WM. C. Brown Co., INC., 1966.

**DETMER, H. / MEYER, U.:**

*Goldrausch.*

Sindelfingen: Röhm Verlag, 1992.

**DEUSER, E.:**

*Die Gesundheit des Sportlers. Vom Freizeit- bis zum Leistungssport.*  
Düsseldorf, Wien: Econ Verlag, 1977.

**DEUTSCHER HOCKEY-BUND E. V.:**

*Hockeyregeln. Feldhockey. Gültig ab April 1999.*  
Sindelfingen: Sportverlag, 1999a.

**DEUTSCHER HOCKEY-BUND E. V.:**

*Hockeyregeln. Hallenhockey. Gültig ab November 1999.*  
Sindelfingen: Sportverlag, 1999b.

**DIAGRAM VISUAL INFORMATION LTD.:**

*Illustriertes Regel-Lexikon des Sports.*  
Eltville am Rhein: Bechtermünz Verlag GmbH, 1974.

**DICKHUTH, H.-H. / BERG, A. / LEHMANN, M. / KEUL, J.:**

„Laufband- und Fahrradergometrie im Bereich des Hochleistungssports“.  
In: MELLEROWICZ, H. / FRANZ, I.-W. (Hrsg.):  
*Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.*  
Erlangen: Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, 1983, 253-258.

**DIEM, C.:**

*Weltgeschichte des Sports und der Leibeserziehung.*  
Stuttgart, 1960.

**DUROCHER, J. / LEETUN, D. / CARTER, J.:**

“Sport-specific Assessment of Lactate Threshold and Aerobic Capacity Throughout a Collegiate Hockey Season”.  
In: *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 33, 2008, 1165-1171.

**EICHBERG, H.:**

„Sport im 19. Jahrhundert - Genese einer industriellen Verhaltensform“.  
In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):  
*Geschichte der Leibesübungen. (Band 3/1).*  
Berlin, München Frankfurt a. M.: Bartels & Wernitz KG, 1980, 350-412.

**ELGOHARI, Y. M. A. S.:**

*Quantitative und qualitative corporale, kardiozirkulatorische, kardiorespiratorische und metabolische Reaktionen von Männern bei/nach erschöpfenden Sprioergometrien in Abhängigkeit vom Trainingszustand, der Sportart sowie unterschiedlichen Belastungsmethoden.*  
Inaugural-Dissertation, Gießen: 2003.

**FORGO, I. (Hrsg.):**

*Sportmedizin für alle.*  
Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1983.

**FRUCHT, A.-H.:**

*Die Grenzen der menschlichen Leistungsfähigkeit im Sport. Gestern - Heute - Morgen.*  
Berlin: Akademie-Verlag, 1960.

**HAIN, T.:**

„Hockey-Gott' macht Schlagzeilen. Max Weinhold arbeitet bei ‚Bild', am Titel und dem noch besseren Golf-Handicap“.  
In: Weilburger Tageblatt, 23.12.2008, Seite 23.

**HARRIS, H. A.:**

„Sport in Britain“.  
In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):  
*Geschichte der Leibesübungen. (Band 4).*  
Berlin, München Frankfurt a. M.: Bartels & Wernitz KG, 1972, 134-189.

**HERMANSEN, L. / SALTIN, B.:**

„Oxygen Uptake During Maximal Treadmill and Bicycle Exercise“.  
In: J. Appl. Physiol. 26, 1969, 31-37.

**HERMANSEN, L. / EKBLOM, B. / SALTIN, B.:**

„Cardiac Output During Maximal Treadmill and Bicycle Exercise“.  
In: J. Appl. Physiol. 29, 1970, 82-86.

**HIRN, A.:**

*Hockey.*  
Leipzig: Quelle & Meyer, 1928.

**HOLLMANN, W. / VALENTIN, H. / VENRATH, H. / BONNEKOH, A.:**

„Untersuchungen zum Verhalten des Sauerstoffpulses unter verschiedenartiger körperlicher Belastung, unterschiedlicher Arbeitsintensität und -dauer“.  
In: Sportarzt u. Sportmedizin 12, 1961, 248-254.

**HOLLMANN, W.:**

*Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers. Spiroergometrische Beurteilung und Untersuchungsergebnisse von männlichen und weiblichen Personen des 1. bis 8. Lebensjahrzehnts.*  
München: Johann Ambrosius Barth, 1963.

**HOLLMANN, W. / HECK, H. / SCHMÜCKER, B. / STOLTE, A. / LIESEN, H. / FOTESCH, M. D. / MATHUR, D. N. / Mitarb. JONDRA, K. H.:**

„Vergleichende spiro-ergometrische Untersuchungen über den Effekt und die Aussagekraft von Laufband- und Fahrradergometerbelastungen“.  
In: Sportarzt u. Sportmed. 22, 1971, 123-134.

**HOLLMANN, W.:**

„Kriterien der kardialen und pulmonalen Leistungsgrenzen“.  
In: MELLEROWICZ, H. / JOKL, E. / HANSEN, G.:  
*Ergebnisse der Ergometrie.*  
Erlangen: Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, 1975, 179-190.

**HOLLMANN, W. / LIESEN, H. / MADER, A. / HECK, H. / ROST, R. / DUFAUX, B. / SCHÜRCH, P. / LAGERSTRÖM, D. / FÖHRENBACH, R.:**

„Zur Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit der deutschen Fußball- Spitzenspieler“.  
In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 5, 1981, 113-120.

**HOLLMANN, W.:**

„Spiroergometrie“.

In: RÖTHIG (Red.):

*Sportwissenschaftliches Lexikon.*

5. Aufl. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1983, 336-337.

**HOLLMANN, W. (Hrsg.):**

*Zentrale Themen der Sportmedizin.*

3., neubearbeitete und ergänzte Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1986.

**HOLLMANN, W. / PRINZ, J. P.:**

„Zur Geschichte und klinischen Bedeutung der kardiopulmonalen Arbeitsuntersuchung unter besonderer Berücksichtigung der Spiroergometrie“.

In: Zschr. Kardiologie. 83, 1994, 247-257.

**HOLLMANN, W. / HETTINGER, T.:**

*Sportmedizin - Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin.*

4. Aufl. Stuttgart, New York: Schattauer Verlag, 2000.

**HUBERTY, E. / WANGE, W. B. (Hrsg.):**

*Die Olympischen Spiele 1976.*

Köln: Lingen Verlag, 1976.

**IRMSCHER, J.:**

*Lexikon der Antike.*

7. Aufl. Bindlach: Gondrom Verlag, 1986.

**ISRAEL, S.:**

„Sport, Herzgröße und Herzkreislaufdynamik“.

In: Sportmedizinische Schriftenreihe, Bd. 3.

Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1968, 1-115.

**ISRAEL, S. / KUPPHARDT, H. / GOTTSCHALK, K. / NEUMANN, G. / BÖHME, P.:**

„Die submaximale Herzfrequenz als leistungsdagnostische Kenngröße.“

In: Medizin und Sport 14, 1974, 297-304.

**ISRAEL, S.:**

„Sportmedizinische Positionen zu Leistungsprüfungsverfahren im Sport“.

In: Medizin und Sport 19, 1/2, 1979, 28-35.

**JASCHOK, W.:**

Vorlesung Fußball-Theorie aus der Professur für Sportmedizin der JLU Gießen 1987.

**KAMPHAUSEN, H.:**

„Traditionelle Leibesübungen bei autochthonen Völkern. Ein problemorientierter Überblick“.

In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):

*Geschichte der Leibesübungen. (Band 1).*

Berlin, München, Frankfurt a. M.: Bartels & Wernitz KG, 1972, 64-109.



**KIM, J.-H.:**

*Die PWC170 im Kindes- und Jugendalter (7 - 18 Jahre) und Ihre Bedeutung für den Schul- und Vereinssport.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1994.

**KINDERMANN, W.:**

„Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis“.

In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 40, 1987, 244-268.

**KIRCHHOFF, H. W. / REINDELL, H.:**

„Das Verhalten des respiratorischen Quotienten und des Atemäquivalentes bei Menschen unterschiedlicher Leistungsbreite im Belastungsversuch“.

In: Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 62, 1956a, 587-591.

**KIRCHHOFF, H. W. / REINDELL, H. / GEBAUER, A.:**

„Untersuchungen über die Sauerstoffaufnahme, Kohlensäureabgabe, das Atemminutenvolumen, Atemäquivalent und den respiratorischen Quotienten während körperlicher Belastung bei Normalpersonen und Hochleistungssportlern“.

In: Dtsch. Arch. klin. Med. 203, 1956b, 423-447.

**KLEIN, A.:**

*Veränderung der biologischen Leistungsfähigkeit von 11 - 13jährigen Jungen und Mädchen nach einem dreimonatigen Ausdauertraining im Sportunterricht.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1993.

**KNIPPING, H. W.:**

„Zur Technik der langandauernden experimentellen und der klinischen Gasstoffwechseluntersuchungen“.

In: Zeitschrift f. d. ges. exper. Medizin 57, 1927, 433-439.

**KNIPPING, H. W.:**

„Die Untersuchung der Ökonomie und Muskelarbeit vor Gesunden und Kranken“.

In: Zeitschrift f. d. ges. exper. Medizin 66, 1929, 517.

**KNIPPING, H. W.:**

„Beitrag zur klinischen Funktionsprüfung von Atmung und Kreislauf“.

In: Beitr. z. Klin. d. Tuberkulose 92, 1938, 144-169.

**KNIPPING, H. W. / BOLT, W. / VALENTIN, H. / VENRATH, H.:**

*Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken.*

Stuttgart: Enke Verlag, 1955.

**KÖNIG, K. / REINDELL, H. / ROSKAMM, H.:**

„Kriterien der individuellen Leistungsgrenze im spiroergometrischen Leistungsversuch“.

In: Deutsche medizinische Wochenschrift 87, 1938, 1304-1310.

**KÖNIG, K. / MURUKAS, J. / ROSKAMM, H. / REINDELL, H.:**

„Das Verhalten von Atemvolumen und Atemfrequenz in Ruhe und bei Ergometerbelastung bei Jugendlichen sowie bei trainierten und untrainierten Erwachsenen“.

In: Sportarzt und Sportmedizin 16, 1965, 395-408.

**KRAUSE, R.:**

*Die maximale Sauerstoffaufnahme als Kriterium der kardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit.*

Inaugural-Dissertation, Lübeck: 1971.

**KREUTER, P.:**

*Körperliches und kardiozirkulatorisches Leistungsvermögen von Schülern des 11. bis 15. Lebensjahres der Hessischen Gesamtschule Buseckertal in Abhängigkeit von der sportlichen Aktivität.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 2007.

**KRÜMMELBEIN, U.:**

*Moderne sportmedizinische Leistungsdiagnostik bei Fußballspielern: Ein Vergleich allgemeiner spiroergometrischer Methoden mit neu entwickelten sportartspezifischen Belastungsverfahren im Labor und beim Training.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1989.

**KÜRTE, D. (Hrsg.):**

*Olympische Spiele 1988.*

München: Mosaik Verlag, 1988.

**MEDAU, H.-J., NOWACKI, P. E., AVENHAUS, H.:**

„Die Beurteilung des Sporthersens im Wandel der Zeiten“.

In: Medwelt 39, 1988, 13-23.

**MELLEROWICZ, H.:**

*Ergometrie - Grundriß der medizinischen Leistungsmessung.*

3. Aufl. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg Verlag, 1979.

**MELLEROWICZ, H.:**

„Standardisierung der Ergometrie“.

In: MELLEROWICZ, H. / FRANZ, I.-W. (Hrsg.):

*Standardisierung, Kalibrierung und Methode in der Ergometrie.*

Erlangen: Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, 1983, 81-86.

**MELLEROWICZ, H. / MELLER, W.:**

*Training.*

5. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag, 1984.

**MOHAMMED, M. F. I.:**

*Die Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils im deutschen Fußballsport von der F-Jugend (6,0 - 7,9 Jahre) bis zur A-Jugend (16,0 - 17,9 Jahre) sowie bis zum Seniorenalter 1 (18,0 - 19,9 Jahre) und den Senioren 2 (über 20 Jahre).*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1999.

**NEUMANN, H.:**

*Basketballtraining. Taktik - Technik - Kondition.*

Aachen: Meyer & Meyer, 1990.

**NÖCKER, J.:**

*Die biologischen Grundlagen der Leistungssteigerung durch Training.*

5. Aufl. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1974.

**NÖCKER, J.:**

*Physiologie der Leibesübungen.*

4. neubearbeitete Aufl. Stuttgart: Enke Verlag, 1980.

**NOWACKI, P. E. / ADAM, K. / KRAUSE, R. / RITTER, U.:**

„Die Spiroergometrie im neuen Untersuchungssystem für den Spitzensport“.

In: Rudersport 89, Trainer-Journal I-VI (1971); Leistungssport 2, 1971, 37-51.

**NOWACKI, P. E.:**

„Funktionsdiagnostik der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit“.

In: Der Kassenarzt 13, 1973, 77-94.

**NOWACKI, P. E.:**

„Die Objektivierung der körperlichen und kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit mit einfachen und komplizierten Methoden“.

In: Physiotherapie 65, 1974, 663-666, 727-732, 792-795.

**NOWACKI, P. E.:**

„Cardio-pulmonale Leistungsprüfung“.

In: DSB, BUNDESAUSSCHUSS LEISTUNGSSPORT (Hrsg.):

*Informationen zum Training. Das Sportmedizinische Untersuchungssystem.*

Beiheft zu Leistungssport 4, 1975a, 65-85.

**NOWACKI, P. E.:**

„Die Bedeutung des Ventilations-RQ bei ergometrischer Leistung“.

In: MELLEROWICZ, H. / JOKL, E. / HANSEN, G.:

*Ergebnisse der Ergometrie.*

Erlangen: Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, 1975b, 167-171.

**NOWACKI, P. E.:**

„Möglichkeiten der medizinischen Leistungsdiagnostik“.

In: DSB, BUNDESAUSSCHUSS LEISTUNGSSPORT (Hrsg.):

*Informationen zum Training, Medizinische Betreuung des Leistungssportlers in Training und Wettkampf.*

In: Beiheft zu Leistungssport 3, 1975c, 77-119.

**NOWACKI, P. E.:**

*Grundlagen der sportmedizinischen Funktionsdiagnostik im Ruderhochleistungssport.*

Gießen: 1976.

**NOWACKI, P. E.:**

„Sportmedizinische und leistungsphysiologische Aspekte des Ruderns“.

In: ADAM, K. / LENK, H. / NOWACKI, P. E. / RULFFS, M. / SCHRÖDER, W.:

*Rudertraining.*

Bad Homburg: Limpert Verlag, 1977, 251-615.

**NOWACKI, P. E.:**

„Beurteilung körperlicher und biologischer Leistungsfähigkeit bei Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher schulsportlicher Aktivität“.

In: Therapiewoche 28, 1978, 5402-5424.

**NOWACKI, P. E.:**

„Das Atemäquivalent bei ergometrischer Leistung. CO<sub>2</sub>-Bildung und respiratorischer Quotient bei ergometrischer Leistung“.

In: MELLEROWICZ, H. (Hrsg.):

*Ergometrie - Grundriß der medizinischen Leistungsmessung.*

3. Aufl. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg Verlag, 1979, 242-256.

**NOWACKI, P. E.:**

„Neue Aspekte der körperrgewichtbezogenen Fahrrad- und Laufbandergometrie für den Leistungs-, Breiten-, und Rehabilitationssport“.

In: KINDERMANN, W. / HORT, W. (Hrsg.):

*Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport. Berichtband Deutscher Sportärztekongreß Saarbrücken 16.10 - 19.10.1980.*

Gräfelfing: Demeter Verlag, 1980a, 255-267.

**NOWACKI, P. E. / ROSENTHAL, P. / VÖLPEL, H.-J.:**

„Vergleichende kardiorespiratorische Funktionsprüfungen bei erfolgreichen jugendlichen Handballspielern und Wettkampfruderern bei maximaler Ausbelastung auf dem Laufband- und Fahrradergometer nach der Watt/kg-Methode“.

In: NOWACKI, P. E. / BÖHMER, D. (Hrsg.):

*Sportmedizin. Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit. 26. Deutscher Sportärztekongreß Bad Nauheim 1978.*

Stuttgart, New York: Thieme Verlag, 1980b, 479-481.

**NOWACKI, P. E.:**

„Zur Standardisierung der Laufband-Ergometrie“.

In: MELLEROWICZ, H. / FRANZ, I.-W. (Hrsg.):

*Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.*

Erlangen: Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, 1983, 259-278.

**NOWACKI, P. E. / DE CASTRO, P.:**

“Development of the Biological Performance of German National Football Teams (FRG; Juniors and Professionals)”.

In: BACHL, N. / PROKOP, L. / SUCKERT, R. (Editors):

*Current Topics in Sports Medicine. Proceedings of the World Congress of Sports Medicine, Vienna 1982.*

Wien, München, Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1984a, 560-575.

**NOWACKI, P. E. / HAFERMANN, P. / PSIORZ, J.-H.:**

„Entwicklung des biologischen Leistungsprofils der Deutschen Fußballnationalmannschaften, 1974-1982“.

In: JESCHKE, D. (Hrsg.):

*Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportwissenschaft. 2. Symposium der Sektion „Sportmedizinische Forschung und Lehre an den Hochschulen“ des Deutschen Sportärztebundes (Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin e. V.) Tübingen, 5.-8. Mai 1983.*

Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag, 1984b, 596-603.

**NOWACKI, P. E. / HAFERMANN, P. / PSIORZ, J.:**

„Sportmedizinisches Leistungsprofil einer Bundesliga-Fußballmannschaft im Vergleich zur Fußball-Nationalmannschaft und anderen Sportarten“.

In: Therapie Woche 34, Karlsruhe 1984c, 3893-3903 (1-10 Sonderdruck – 1984).

**NOWACKI, P. E. / ALEFELD, G.:**

„Training und Sport als Mittel der präventiven Medizin in der technisierten Umwelt“.  
In: Die Medizinische Welt (medwelt) 27/85. Schattauer, 1985, 886-894.

**NOWACKI, P. E.:**

„Sportmedizinische Leistungsdiagnostik“.  
In: EBERSPÄCHER, H. (Hg.):  
*Handlexikon Sportwissenschaft*.  
Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1987a, 237-246.

**NOWACKI, P. E.:**

„Unterschiede und Entwicklungen der maximalen biologischen Leistungsfähigkeit sport- und nicht sporttreibender Kinder und Jugendlicher“.  
In: RIECKERT, W. (Hrsg.):  
*Sportmedizin – Kursbestimmung. Kongreßband 30. Deutscher Sportärztekongreß Kiel 1986*.  
Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: Springer Verlag, 1987b, 75-84.

**NOWACKI, P. E. / CAI, D. Y. / BUHL, C. / KRÜMMELBEIN, U.:**

„Biological Performances of German Soccer Players (Professionals and Juniors) Tested by Special Treadmill Methods“.  
In: REILLY, T. / LEES, A. / DAVIDS, K. / MURPHY W. J. (Eds.):  
*Science and Football. - Proceedings of the First World Congress of Science and Football, Liverpool 13-17th April 1987*.  
London, New York: E. and F. N. Spon, 1988, 145-157.

**NOWACKI, P. E.:**

„Körper und Sport“.  
In: SCHILL, W.-B. / BRETZEL, R. G. / WEIDNER, W. (Hrsg.):  
*MännerMedizin in der allgemeinmedizinischen und internistischen Praxis*.  
München, Jena: Verlag Elsevier, Urban & Fischer, 2005, 312-337.

**NOWACKI, P. E.:**

„Leistungssport Schießen im Training und Wettkampf. Allgemeine konditionelle Voraussetzungen sowie das physisch-psychische Anforderungsprofil des Schützen / der Schützin aus sportmedizinischer Sicht“.  
In: GROSS, J. / BIRKENEDER, H.-R. / KLEINSCHMIDT, U. / NOWACKI, P. E. (Hrsg.):  
*50 Jahre Schützenverein 1957 Wißmar e. V.*  
Hüttenberg: stafadruck GmbH, 2007, 111-124.

**PENDERS, P. / HECKER, A.:**

„Timo Weiß über: Karriereplanung – ,Wir leben vor, was die Gesellschaft fordert.““  
In: Frankfurter Allgemeine, Nr. 8/2R1, 10.01.2009, Seite 28.

**PETERS, H. / PAHLKE, U. / ISRAEL, S. / VOGT, M. / WURSTER, H. /  
LANDGRAF, B. / KÖHLER, H.:**

*Ausdauerfähigkeit im Schulsport. Sportmedizinische und sportmethodische Begründung der physischen Ausdauerentwicklung*.  
Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 1980.

**PIERNAVIEJA DEL POZO, M.:**

„Spanien“.

In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):

*Geschichte der Leibesübungen. (Band 5).*

Berlin, München, Frankfurt a. M.: Verlag Bartels & Wernitz KG, 1976, 188-223.

**PREUHS, M.:**

*Die Bedeutung des sportartspezifischen Ausdauertrainings für die aerobe und anaerobe Kapazität von Fußballspielern. - Dargestellt am Beispiel einer hessischen Landesliga-Fußballmannschaft vor und nach Trainingsumstellung auf der Grundlage einer allgemeinen und sportartspezifischen Leistungsdiagnostik im Labor und beim Wettkampf.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1990.

**REINDELL, H. / KLEPZIG, H. / MUSSHOFF, K. / KIRCHHOFF, H. W. / STEIM, H. / MOSER, F. / FRISCH, P.:**

„Neuere Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Größe und Leistungsbreite des gesunden menschlichen Herzens, insbesondere des Sportherzens“.

In: Deutsche medizinische Wochenschrift 82, 1957, 613-619.

**REINDELL, H. / KLEPZIG, H. / STEIM, H. / MUSSHOFF, K. / ROSSKAMM, H. / SCHILDGE, E.:**

*Herz. Kreislaufkrankheiten und Sport. Eine klinische Betrachtung über Leistungssteigerung, Leistungsschwäche und Prophylaxe des Kreislaufs.*

München: Johann Ambrosius Barth, 1960a.

**REINDELL, H. / KLEPZIG, H. / MUSSHOFF, K.:**

„Das Sporthertz“.

In: VON BERGMANN G. / FREY, G. W. / SCHWIEGK, H. (Hrsg.):

*Handbuch der inneren Medizin Bd.9, I. Teil.*

Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer Verlag, 1960b, 931-951.

**REINDELL, H. / MUSSHOFF, K. / KLEPZIG, H.:**

„Physiologische und pathologische Grundlagen der Größen- und Formänderungen des Herzens“.

In: VON BERGMANN G. / FREY, G. W. / SCHWIEGK, H. (Hrsg.):

*Handbuch der inneren Medizin Bd.9, I. Teil.*

Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer Verlag, 1960c, 865-873.

**REINDELL, H. / KÖNIG, K. / ROSKAMM, H.:**

*Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.*

Stuttgart: Thieme Verlag, 1967.

**ROSKAMM, H. / REINDELL, H. / KÖNIG, K.:**

*Körperliche Aktivität und Herz- und Kreislauferkrankungen. Prophylaxe, Therapie und Rehabilitation.*

München: Johann Ambrosius Barth, 1966.

**SALTIN, B. / ÅSTRAND, P.:**

„Maximal Oxygen Uptake in Athletes“.

In: Journal of Appl. Physiol. 23, 1967, 353-358.

**SAWELLION, D.:**

*Sportmedizinisches Leistungsprofil von Kunstturnern im Vergleich zu anderen Sportarten.*

Wissenschaftliche Hausarbeit zur Erlangung des Magistergrades im Fachbereich 05 Kunstpädagogik, Musikwissenschaft, Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gießen: 1995.

**SCHLADITZ, W. / WIEDERSICH, W. / KRAUSE, A.:**

*Hockey.*

Berlin: Sportverlag, 1979.

**SCHEUER, W.:**

*Hockey. Eine Spielschule für die Praxis in Schule und Verein.*

Stuttgart: Central-Druck Verlagsgemeinschaft, 1982.

**SCHMIDT, B.:**

*Sportmedizinisch-trainingswissenschaftliche Leistungsdiagnostik im Senioren- und Jugendfußball als Grundlage für die Steuerung des Ausdauertrainings.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 2007.

**SCHMIDT, H. (Hrsg.):**

*Sport und Gesundheit. Kompensatorischer Sport in Schule und Verein (Schulsonderturnen). Beiträge zur Sportmedizin, Band 5.*

2. Aufl. Erlangen: Perimed Verlag, 1977.

**SCHNEIDER, M.:**

*Einführung in die Physiologie des Menschen.*

16. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1973.

**SCHÖLL, J.:**

*Der Sauerstoffpuls als sportmedizinische Leistungsgröße.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1995.

**SMITH, J. N. / ROBSON, P. A.:**

*Hockey Historical and Practical.*

London: Innes, 1899.

**SMODLAKA, V. N. / MELLEROWICZ, H. / HORAK, J.:**

„Revidierte Standardisierungsvorschläge für Ergometrie 1981. (Minimal- und Kompromißprogramm der Arbeitsgruppe für Ergometrie) ICSPE“.

In: MELLEROWICZ, H. / FRANZ, J.-W. (Hrsg.):

*Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie.*

Erlangen: Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, 1983, 280.

**STAADEN, W.:**

*Kardio-zirkulatorische und pulmonale Reaktionen trainierter und untrainierter Männer bei körpertgewichtsbezogener Laufband- u. Fahrrad-Ergometrie.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 1979.

**SZEMBEK, H.-W.:**

*Sportartspezifische Leistungsdiagnostik bei Handballspielern von der Bezirksklasse bis zur Bundesliga durch erschöpfende Laufbandspiroergometrie.*  
Inaugural-Dissertation, Gießen: 1985.

**UEBERHORST, H.:**

„Leibesübungen im alten Ägypten“.  
In: UEBERHORST, H. (Hrsg.):  
*Geschichte der Leibesübungen. (Band 1).*  
Berlin, München, Frankfurt a. M.: Bartels & Wernitz KG, 1972, 190-224.

**UNGERER, D.:**

*Leistungs- und Belastungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter. Untersuchungen zur sensomotorischen Entwicklung und Lernleistung, Gesamtdarstellung des Muskel- und Kreislaufverhaltens - Grundlagen einer gezielten Leistungsförderung.*  
4., erweiterte und verbesserte Aufl. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1977.

**VALERIEN, H. (Hrsg.):**

*Olympia '88. Seoul/Calgary.*  
München: Südwest Verlag, 1988.

**VALERIEN, H. (Hrsg.):**

*Olympia '92. Die Sommerspiele - Barcelona.*  
München: Südwest Verlag, 1992.

**WEHLEN, R.:**

*Regeln und Sprache des Sports 1. Fußball, Handball, Korbball, Hockey, Tennis, Golf, Polo, Basketball, Wasserball und alle anderen Ballspiele.*  
Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich: Dudenverlag, 1972.

**WEIN, H.:**

*Beiträge zur Verbesserung des Spielniveaus im Hockey.*  
Druck: Otto Knecht, München  
Düsseldorf: Verlag Schmidt & Dreisilker.

**WEIN, H.:**

*Hockey. Technische und taktische Grundlagen.*  
Niedernhausen/Ts.: Falken-Verlag, 1977a.

**WEIN, H.:**

*Hockey lernen und lehren. Gedanken und Erfahrungen zur Methodik und Didaktik des modernen Hockeytrainings.*  
3., erweiterte und verbesserte Aufl., Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1977b.

**WETTICH, P.:**

*Kardio-zirkulatorische und pulmonale Reaktionen trainierter und untrainierter Männer bei körpergewichtsbezogener Laufband- u. Fahrrad-Spiroergometrie.*  
Inaugural-Dissertation, Gießen: 1979.

**WONTORRA, J. (Hrsg.):**

*Olympische Sommerspiele Barcelona 1992.*  
Köln: Lingen Verlag, 1992.



**WU, N.:**

*Ambulante kardiale Rehabilitation in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Langzeitergebnisse bei den Gießener Herzsportgruppen als Modell für die Einführung gesundheitspolitischer Strategien zur Bekämpfung der koronaren Herzkrankheit (KHK) in China.*

Inaugural-Dissertation, Gießen: 2007.

**ZHAO, Z.:**

*Qualitative und quantitative kardiorespiratorische Reaktionen bei Trainierten in Abhängigkeit von international standardisierten fahrradspiroergometrischen Belastungsverfahren im Sitzen.*

Inaugural-Dissertation, Mainz: 1995.

# 10 Anhang

## 10.1 Abkürzungsverzeichnis

AÄ	=	Atemäquivalent
AEWHA	=	All England Women's Hockey Association
Af	=	Atemfrequenz
AMV	=	Atemminutenvolumen BTPS (in Liter)
ATPS	=	Ambient Temperature Pressure Saturated
AZV	=	Atemzugvolumen BTPS (in Milliliter)
BTPS	=	Body Temperature Pressure Saturated, 37° C, 760 mmHg, 100% H <sub>2</sub> O
C	=	Temperaturangabe in Grad nach Celsius
CO <sub>2</sub>	=	Kohlendioxid
DDR	=	Deutsche Demokratische Republik
DFB	=	Deutscher Fußball-Bund
DHB	=	Deutscher Hockey-Bund
DHSV	=	Deutscher Hockey-Sportverband (der DDR)
E 1 ... 5	=	Erholungsminute 1 ... 5
EKG	=	Elektrokardiogramm
et al.	=	et alii (und andere)
F	=	Fahrradergometrie (Watt/kg Körpergewicht Methode)
f	=	Luftdruckabhängiger Reduktionsfaktor
FC	=	Fußball-Club
FIH	=	Fédération Internationale de Hockey
FSV	=	Fußball Sportverein
Ft	=	Feet (englische Maßeinheit)
G	=	Gewicht
h	=	hour (Stunde)
Hf	=	Herzschlagfrequenz
IFWHA	=	International Federation of Women's Hockey Association
IHB	=	International Hockey Board
IOC	=	Internationales Olympisches Komitee
KG	=	Körpergewicht
kg	=	Kilogramm
km	=	Kilometer
L	=	Leistung

---

l	=	Liter
L 1 / L 2	=	Laufbandergometrie (Watt/kg Körpergewicht Methode)
LHC	=	Limburger Hockey-Club
M	=	Mittelwert
max.	=	Maximum
min	=	Minute
min.	=	Minimum
ml	=	Milliliter
mm Hg	=	Druck in Millimeter Quecksilbersäule
MTV	=	Männer Turnverein
n	=	Anzahl der Probanden und Messwerte
nm	=	Nanometer
O <sub>2</sub>	=	Sauerstoff
O <sub>2</sub> %	=	Prozentualer Sauerstoffverbrauch
O <sub>2</sub> /Hf	=	Sauerstoffpuls (in Milliliter)
Pa	=	Pause („Zwischenminute“)
RQ	=	Respiratorischer Quotient
RR	=	Blutdruck
S	=	Standardabweichung
s	=	Sekunde
SKG	=	Sport- und Kulturgemeinschaft
SL	=	Sportartspezifische Laufbandergometrie
STPD	=	Standard Temperature Pressure Dry, 0° C, 760 mmHg, 0% H <sub>2</sub> O (Trockenheit)
TSV	=	Turn- und Sportverein
TV	=	Turnverein
USC	=	Unabhängiger Sportclub
V	=	Laufbandgeschwindigkeit
VfL	=	Verein für Leibesübungen
vgl.	=	Vergleiche
VK	=	Vitalkapazität
VO <sub>2</sub>	=	Absolute Sauerstoffaufnahme STPD (in Liter oder Milliliter)
VO <sub>2</sub> /kg	=	Relative Sauerstoffaufnahme STPD pro Kilogramm Körpergewicht (in Milliliter)
VRQ	=	„Ventilatorischer“ Respiratorischer Quotient
W	=	Watt
WM	=	Weltmeisterschaft
Xi	=	Einzelwerte
Yd	=	Yards (englische Maßeinheit)

## 10.2 Untersuchungsergebnisse der Probandengruppen

Tab. 26:

*Mittelwerte und Standardabweichungen aller registrierten Parameter der Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC 1991 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.*

	Zeit min	n	Hf/ min	RR mm Hg	AMV l	AZV l	Af/ min	VO <sub>2</sub> ml	VO <sub>2</sub> /kg ml/kg	O <sub>2</sub> -Puls ml	AÄ	RQ
Ruhe	0	10	76	135/85	10,4	0,67	16	271	3,73	3,6	40,1	0,83
	S ±		10		3,09	0,22	2	93	1,49	1,24	9,3	0,04
B	1	10	142		40,9	1,51	27	1615	21,7	11,4	25,2	0,8
	S ±		8		9,4	0,27	6	226	3,1	1,62	3,6	0,05
E	2	10	150		66,5	2,38	29	2792	37,5	18,6	23,5	0,86
	S ±		4		17,7	0,61	7	433	5,17	2,93	3,5	0,06
L	3	10	160		79,8	2,7	30	3280	44,1	20,5	24,2	0,91
	S ±		4		19,8	0,64	6	510	6,65	3,16	4,0	0,04
A	4	10	167		86,6	2,75	32	3515	47,2	21,1	24,4	0,93
	S ±		4		20,4	0,48	5	343	2,82	2,25	3,9	0,04
S	5	10	174		97,5	2,76	35	3817	51,2	22,0	25,4	0,96
	S ±		4		23,7	0,53	5	477	4,52	3,04	3,8	0,06
T	6	10	178		110,5	3,01	37	4198	56,4	23,7	26,3	1,0
	S ±		5		21,0	0,55	5	409	3,99	2,68	3,4	0,06
U	7	9	182		117,3	2,99	40	4370	59,5	24,1	26,9	1,05
	S ±		6		13,6	0,55	4	459	4,89	3,13	2,8	0,06
N	8	8	186		132,6	3,04	44	4630	63,6	25,0	28,8	1,07
	S ±		7		12,5	0,59	5	531	7,69	3,52	2,5	0,06
G	9	4*	188		158,8	3,44	47	5416	73,2	29,5	29,3	1,12
	S ±		5		22,3	0,59	4	271	6,69	1,87	2,9	0,05
	10	2	186		187,2	3,57	53	5158	69,7	27,8	36,3	1,21
	S ±		4		20,4	0,44	1	326	11,2	2,28	1,6	0,01
Maximum		10	187		146,6	3,39	47	4773	64,3	25,9	23,1**	1,13
	S ±		7		25,7	0,49	4	607	8,84	3,29	3,3	0,07
E												
R	1	10	161	180/75	113,0	2,87	39	3269	44,1	20,4	34,7	1,21
	S ±		11		19,2	0,44	3	402	5,79	2,62	4,6	0,09
H	2	10*	135	175/80	81,6	2,48	33	2113	28,4	15,7	38,5	1,25
	S ±		13		19,6	0,48	4	346	4,24	2,36	5,0	0,06
O	3	10	121	165/80	61,8	2,13	29	1555	21,0	12,9	39,7	1,21
	S ±		12		15,5	0,5	3	277	3,67	2,07	4,7	0,07
L	4	10	109	155/75	41,2	1,69	25	1040	14,0	9,52	39,5	1,16
	S ±		10		12,3	0,45	4	258	3,54	1,89	4,1	0,04
U	5	10	105	150/75	30,3	1,5	21	756	10,1	7,22	39,9	1,13
	S ±		9		7,66	0,45	3	148	1,58	1,24	3,6	0,07
N												
G												

\* Aus technischen Gründen konnte bei einem Probanden in der neunten Belastungsminute bzw. in der zweiten Minute der Erholungsphase keine Herzschlagfrequenz bestimmt werden, so dass auch in die Mittelwertberechnung und dessen Standardabweichung des Sauerstoffpulses lediglich drei (9. Belastungsminute) bzw. neun (2. Erholungsminute) Einzelwerte einfließen.

\*\* Diese Angabe nennt nicht das Maximum, sondern den mittleren Minimalwert des AÄ einschließlich dessen Standardabweichung.

Tab. 27a:

*Mittelwerte und Standardabweichungen aller registrierten Parameter der Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC 1992 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Der zweite Abschnitt der Tabelle befindet sich auf der nachfolgenden Seite.*

	Zeit min	n*	Hf/ min	RR mm Hg	AMV l	AZV l	Af/ min	VO <sub>2</sub> ml*	VO <sub>2</sub> /kg ml/kg*	O <sub>2</sub> -Puls ml*	ÄÄ*	RQ*
Ruhe	0	8	71	135/90	11,48	0,75	16	367,5	5,07	5,31	39,0	0,91
	S ±	(4)	14		4,48	0,32	5	110	1,95	0,99	6,85	0,08
B	1	8	129		34,95	1,52	24	1379	18,61	11,17	28,35	0,82
	S ±	(4)	11		10,35	0,5	3	272	2,83	2,07	3,41	0,03
	2	8	130		40,73	1,71	24	1842	25,02	14,58	24,95	0,81
	S ±	(4)	10		13,31	0,49	3	488	6,93	3,21	3,19	0,05
E	3	8	132		44,25	1,82	24,5	2053	27,83	15,96	25,28	0,84
	S ±	(4)	9		14,17	0,55	3	292	3,68	1,3	4,1	0,08
	4 Pa	8	115,5	170/105	30,08	1,42	22	1369	18,51	11,88	26,7	0,86
	S ±	(4)	15		9,89	0,53	3	245	2,77	1,2	2,68	0,06
L	5	8	131		41,36	1,64	25	1848	24,82	14,55	26,85	0,87
	S ±	(4)	12		12,46	0,46	3	357	2,03	1,68	1,49	0,04
	6	8	144		50,29	1,94	26	2421	32,67	17,5	24,88	0,84
	S ±	(4)	12		15,13	0,58	4	374	2,75	1,66	1,8	0,05
A	7	8	144		54,98	2,03	27	2569	34,78	18,5	25,2	0,86
	S ±	(4)	11		13,42	0,46	4	343	3,74	1,73	2,34	0,04
	8 Pa	8	126	185/115	36,05	1,58	23	1572	21,19	12,36	27,4	0,89
	S ±	(4)	14		10,52	0,46	4	242	1,67	1,51	2,23	0,04
S	9	8	145,5		47,78	1,8	27	2168	29,27	15,53	25,98	0,89
	S ±	(4)	12		12,19	0,46	4	319	2,56	1,61	1,0	0,03
	10	8	158		61,5	2,21	28	2893	39,19	19,0	25,08	0,88
	S ±	(4)	11		15,14	0,51	5	309	3,19	1,37	1,17	0,05
T	11	8	155		68,7	2,35	29	3144	42,66	20,51	25,55	0,9
	S ±	(4)	18		17,77	0,6	4	336	4,32	1,22	2,13	0,06
	12 Pa	8	136	190/110	43,95	1,75	25	1786	24,55	13,54	30,6	0,96
	S ±	(4)	13		12,28	0,47	4	218	5,02	1,55	5,92	0,09
U	13	8	157,5		51,94	1,91	28	2216	30,72	14,59	27,63	0,93
	S ±	(4)	10		10,2	0,42	4	388	8,3	2,6	4,55	0,07
	14	8	170		73,91	2,43	31	3214	40,88	19,51	25,58	0,91
	S ±	(4)	8		12,33	0,54	5	77	7,95	0,37	0,73	0,05
N	15	8	170		87,53	2,58	34,5	3522	47,66	21,23	27,15	0,95
	S ±	(4)	8		15,88	0,61	4	378	2,74	1,91	1,42	0,06
	16 Pa	8	147	200/105	58,54	2,07	29	2202	29,75	15,33	30,13	0,99
	S ±	(4)	13		13,36	0,54	3	263	0,91	1,43	1,57	0,08
G	17	8	174		77,18	2,26	34,5	3178	42,84	18,48	27,88	0,93
	S ±	(4)	11		20,33	0,5	6	494	3,36	3,17	2,41	0,03
	18	8	184		105,45	2,6	41	4008	54,34	22,02	29,15	0,99
	S ±	(4)	8		20,74	0,56	5	391	4,26	2,0	2,35	0,1
N	19	7	185		128,4	2,83	46	4378	59,56	23,99	31,63	1,07
	S ±	(4)	10		16,84	0,47	5	423	7,48	2,66	1,42	0,09
	20 Pa	5	165	190/75	93,36	2,48	38	2848	38,49	17,13	34,13	1,1
	S ±	(4)	9		19,19	0,36	4	353	2,11	2,13	2,46	0,09
N	21	5	183		121,2	2,66	46	3886	52,55	21,15	32,58	0,99
	S ±	(4)	3		21,96	0,48	6	458	3,27	2,49	2,26	0,07
	22	4	185		142,5	2,88	49,5	4557	62,46	24,41	33,33	1,04
	S ±	(3)	5		26,62	0,34	8	203	9,82	0,53	4,44	0,1
G	23	1	186		141,6	3,29	43	4574	72,6	24,59	31,0	0,98
	24 Pa	1	164	175/80	116,4	2,71	43	2820	44,76	17,2	41,3	1,13
	25	1	183		118,8	2,76	43	3358	53,3	18,35	35,4	0,97
	25'30	1	191		163,2	3,14	52	5140	81,59	26,91	31,8	0,97

\* Aus technischen Gründen konnten bei vier Probanden keine Sauerstoffwerte gemessen werden. Die Zahlen in den Klammern nennen die Anzahl der Probanden, von denen die Sauerstoffparameter bzw. die Mittelwerte und Standardabweichungen bestimmt wurden.

**Tab. 27b:**

**Mittelwerte und Standardabweichungen aller registrierten Parameter der Bundesliga-Hockeyspieler des Limburger HC 1992 vor, während und nach erschöpfender Laufbandspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode. Der erste Abschnitt der Tabelle befindet sich auf der vorhergehenden Seite.**

	Zeit min	n*	Hf/ min	RR mm Hg	AMV l	AZV l	Af/ min	VO <sub>2</sub> ml*	VO <sub>2</sub> /kg ml/kg*	O <sub>2</sub> -Puls ml*	ÄÄ*	RQ*
Maximum		8	189		136,2	2,88	49	4692	64,3	25,09	23,75**	1,09
S ±		(4)	6		24,57	0,47	7	533	13,04	2,81	2,18	0,08
E												
R 1		8	156	190/75	103,5	2,46	42	3057	41,88	20,13	40,43	1,15
S ±		(4)	11		22,49	0,35	7	217	6,76	2,82	4,25	0,08
H 2		8	138	195/90	72,45	2,11	34	1886	25,44	13,49	45,58	1,22
S ±		(4)	8		25,37	0,58	5	409	4,25	2,22	4,53	0,09
O 3		8	129	180/85	56,03	1,89	30	1613	21,79	12,63	42,88	1,16
S ±		(4)	8		21,79	0,48	7	356	3,98	2,15	4,49	0,08
L 4		8	115	170/90	38,81	1,69	23,5	1081	14,41	9,32	42,33	1,12
S ±		(4)	10		15,39	0,5	6	393	3,8	2,75	3,18	0,08
U 5		8	114	155/85	30,94	1,51	21	881,5	11,73	7,8	41,93	1,1
S ±		(4)	10		12,52	0,52	3	343	3,33	2,57	2,76	0,06
N												
G												

\* Aus technischen Gründen konnten bei vier Probanden keine Sauerstoffwerte gemessen werden. Die Zahlen in den Klammern nennen die Anzahl der Probanden, von denen die Sauerstoffparameter bzw. die Mittelwerte und Standardabweichungen bestimmt wurden.

\*\* Diese Angabe nennt nicht das Maximum, sondern den mittleren Minimalwert des ÄÄ einschließlich dessen Standardabweichung.

Tab. 28:

**Mittelwerte und Standardabweichungen aller registrierten Parameter der Knaben A Hockeyspieler des Limburger HC 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.**

	Zeit min	n*	Hf/ min	RR mm Hg	AMV l	AZV l	Af/ min	VO <sub>2</sub> ml*	VO <sub>2</sub> /kg ml/kg*	O <sub>2</sub> -Puls ml*	ÄÄ*	RQ*
Ruhe	0	9	82	120/80	9,34	0,49	18	200	3,73	2,49	45,36	0,93
	S ±	(5)	10		4,6	0,17	4	117	1,62	1,83	9,39	0,04
B	1	9	117		17,74	0,83	22	553	10,49	4,61	33,22	0,89
	S ±	(5)	7		5,54	0,26	3	229	3,01	1,96	3,29	0,04
E	2	9	122	140/80**	24,19	1,02	24	875	16,68	6,99	28,22	0,87
	S ±	(5)	6,5		6,38	0,34	3	363	5,02	3,09	2,72	0,06
L	3	9	142		29,85	1,19	26	1065	20,42	7,25	28,56	0,87
	S ±	(5)	8		5,5	0,38	5	378	5,17	2,62	4,36	0,04
A	4	9	152	155/80**	37,2	1,36	28	1362	26,74	8,62	25,52	0,9
	S ±	(5)	9		7,67	0,3	6	332	6,94	2,11	3,38	0,05
S	5	9	168		48,08	1,58	32	1754	33,96	10,1	27,12	0,96
	S ±	(5)	8		8,93	0,44	7	494	7,58	2,75	4,24	0,03
T	6	9	177		54,28	1,64	34	1851	35,43	10,24	27,62	1,0
	S ±	(5)	6		12,88	0,49	7	623	7,59	3,31	4,87	0,03
U	7	9	188		66,45	1,68	41	2130	41,27	11,02	28,86	1,01
	S ±	(5)	8		17,12	0,4	11	554	8,05	2,75	6,46	0,04
N	8	6	194		79,0	1,75	46,5	2234	45,65	11,3	32,13	1,03
	S ±	(4)	6		27,18	0,54	14	709	11,62	3,43	8,26	0,05
G	9	5	199		103,8	1,94	56	2867	57,61	14,0	35,6	1,08
	S ±	(3)	8		15,17	0,45	15	531	4,63	2,29	7,21	0,08
	10											
	S ±											
Maximum		9	195		87,83	1,95	49	2537	49,23	12,76	24,98	1,07
	S ±	(5)	10		27,02	0,51	15	769	12,88	3,59	3,3***	0,05
E												
R	1	9	168	160/60	69,9	1,73	41	1893	36,42	10,8	34,52	1,16
	S ±	(5)	16		21,46	0,5	9	655	9,72	3,54	7,86	0,09
H	2	9	146	155/65	45,94	1,33	35	1108	20,98	7,18	39,3	1,2
	S ±	(5)	13		11,33	0,39	5	463	5,76	2,89	7,82	0,14
O	3	9	135	140/65	36,9	1,11	34	906	17,31	6,48	40,18	1,16
	S ±	(5)	12		8,99	0,3	4	317	3,98	2,31	6,58	0,11
L	4	9	122	130/65	27,0	0,96	29	666	12,84	5,3	40,9	1,13
	S ±	(5)	13		7,01	0,29	5	226	3,79	1,92	5,68	0,11
U	5	9	116	130/70	21,98	0,88	26	523	10,11	4,43	41,56	1,12
	S ±	(5)	11		5,54	0,24	4	181	3,18	1,57	6,59	0,14
N												
G												

- \* Aus technischen Gründen konnten bei einem Probanden nur die Herzschlagfrequenz und der Blutdruck ermittelt werden. Bei allen anderen Parametern beträgt die Anzahl der Probanden daher nur n = 8 anstatt n = 9. In der achten und neunten Belastungsminute bleibt die Probandenzahl weiterhin n = 6 bzw. n = 5. Außerdem konnten bei drei weiteren Probanden keine Sauerstoffwerte gemessen werden. Die Zahlen in den Klammern nennen die Anzahl der Probanden, von denen die Sauerstoffparameter bzw. die Mittelwerte und Standardabweichungen bestimmt wurden.
- \*\* Bei einem Hockeyspieler konnte in der zweiten und vierten Belastungsminute kein Blutdruck gemessen werden, daher stammen die ermittelten Durchschnittswerte nur von acht Probanden.
- \*\*\* Diese Angabe nennt nicht das Maximum, sondern den mittleren Minimalwert des ÄÄ einschließlich dessen Standardabweichung.

**Tab. 29:**

**Mittelwerte und Standardabweichungen aller registrierten Parameter der Jugend B Hockeyspieler des Limburger HC 1992 vor, während und nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie nach der 1 Watt/kg KG-Methode.**

	Zeit min	n*	Hf/ min	RR mm Hg	AMV l	AZV l	Af/ min	VO <sub>2</sub> ml*	VO <sub>2</sub> /kg ml/kg*	O <sub>2</sub> -Puls ml*	ÄÄ*	RQ*
Ruhe	0	10	91	135/90	12,8	0,81	16	338	4,79	4,14	41,06	0,92
	S ±	(7)	14		4,21	0,31	3	177	1,86	2,38	11,29	0,1
B	1	10	116		20,7	1,13	19	653	9,39	6,03	32,66	0,87
	S ±	(7)	15		6,7	0,35	4	266	2,32	2,53	4,18	0,05
E	2	10	126	150/80	27,43	1,31	22,5	1193	17,32	9,79	26,41	0,82
	S ±	(7)	11		8,63	0,41	5	437	3,71	3,4	2,32	0,06
L	3	10	144		39,5	1,73	23	1650	24,12	11,95	25,16	0,83
	S ±	(7)	13		13,89	0,64	5	595	5,2	4,05	1,54	0,05
A	4	10	153	165/80	50,73	2,02	26	2096	30,86	14,22	25,34	0,89
	S ±	(7)	15		17,89	0,86	6	719	6,68	4,51	1,85	0,09
S	5	10	168		62,13	2,18	29,5	2504	37,04	15,37	25,9	0,9
	S ±	(7)	12		20,01	0,81	7	723	6,0	4,2	1,65	0,06
T	6	10	175		75,3	2,35	33	2897	42,86	16,95	26,59	0,94
	S ±	(7)	10		22,78	0,84	7	860	7,5	4,75	1,37	0,05
U	7	10	184		92,47	2,43	39	3324	48,59	18,35	28,56	0,99
	S ±	(7)	9		31,74	0,83	7	1063	8,04	5,47	2,63	0,04
N	8	8	189		108,525	2,51	44	3675	55,37	16,66	30,08	1,03
	S ±	(6)	8		42,29	0,83	8	1228	9,21	6,09	3,36	0,05
G	9	4	195		119,55	2,49	48	3884	59,5	20,585	28,6	1,035
	S ±	(2)	9		19,98	0,28	8	225	1,19	1,96	3,54	0,02
	10	1	199		124,4	2,488	50	3601	56,71	18,1	34,5	1,17
	S ±											
Maximum		10	192		122,156	2,59	49	3816	56,13	20,37	24,67	1,05
	S ±	(7)	10		38,54	0,79	6	1109	9,13	5,49	1,64**	0,07
E												
R	1	10	168	170/70	97,07	2,41	40	2587	38,11	15,75	37,77	1,17
	S ±	(7)	12,5		37,94	0,7	5	735	6,36	4,04	8,04	0,14
H	2	10	146	160/75	66,2	1,87	34	1456	21,1	10,29	44,77	1,23
	S ±	(7)	12		33,81	0,58	6	521	4,6	3,39	8,73	0,07
O	3	10	132	150/80	43,97	1,47	29	960	14,18	7,48	44,67	1,18
	S ±	(7)	10		16,41	0,39	4	308	3,68	2,19	8,95	0,09
L	4	10	123	145/80	32,3	1,32	24	735	10,82	6,31	41,04	1,1
	S ±	(7)	14		9,28	0,36	3	218	2,42	1,79	2,84	0,07
U	5	10	117	130/80	27,43	1,36	21	674	9,82	6,18	40,44	1,06
	S ±	(7)	13,5		9,66	0,62	5	269	3,59	2,66	2,57	0,07
N												
G												

\* Aus technischen Gründen konnten bei einem Probanden nur die Herzschlagfrequenz und der Blutdruck ermittelt werden. Bei allen anderen Parametern beträgt die Anzahl der Probanden daher nur n = 9 anstatt n = 10. Außerdem konnten bei zwei weiteren Probanden keine Sauerstoffwerte gemessen werden. Die Zahlen in den Klammern nennen die Anzahl der Probanden, von denen die Sauerstoffparameter bzw. die Mittelwerte und Standardabweichungen bestimmt wurden.

\*\* Diese Angabe nennt nicht das Maximum, sondern den mittleren Minimalwert des ÄÄ einschließlich dessen Standardabweichung.



**Der Lebenslauf wurde aus der elektronischen  
Version der Arbeit entfernt.**

**The curriculum vitae was removed from the  
electronic version of the paper.**

## 10.4 Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die jederzeit freundliche und hilfsbereite Unterstützung sowie die wertvollen Hinweise bei der Abfassung dieser Dissertation danke ich dem damaligen Leiter des Lehrstuhls für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen, Herrn Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki.

Mein Dank gilt ebenfalls dem Untersuchungsteam des Lehrstuhls für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen und Herrn Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki für die großzügige Hilfe während der leistungsmedizinischen Untersuchungen.

Weiterhin möchte ich mich insbesondere bei meiner Frau Katja, meinen Eltern Horst und Gretel Böttig, meinem Onkel Rudi Böttig und meinem Freund Thomas Kleiber sowie den Hockeyspielern des Limburger HC und ihrem Trainer Paul Lissek bedanken, die mir im Rahmen dieser Dissertation wertvolle Hilfe geleistet haben.

# Erklärung

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe.

Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Löhnberg, den 19. November 2009

Andreas Böttig